

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA DE ORTODONCIA

*ESTUDIO IN VITRO DE LA MAGNITUD DE FUERZA INICIAL DE CINCO  
DIFERENTES MARCAS DE CADENAS ELASTOMÉRICAS SUMERGIDAS EN  
SALIVA ARTIFICIAL SEGÚN INTERVALOS DE TIEMPO*

Dr. ALEXANDER FERRABONE

CIP 8-767-237

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN ORTODONCIA.

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2018

## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen María por darme, en los momentos difíciles: fortaleza, consuelo y esperanza.

A mi esposa, Loris, por darme su voz de aliento y por el apoyo que me ha brindado durante el desarrollo de este trabajo.

A mis hijas, Laris y Camila a quienes amo con todo mi ser, les deseo mucho éxito en su vida.

A mi Madre por confiar en mí y ofrecerme sus sabios consejos cuando más lo necesité.

Con todo mi amor,

**Dr. Alexander Ferrabone**

## **AGRADECIMIENTO**

Ante todo, le doy gracias a Dios, nuestro Señor, por darme la fuerza para vencer los obstáculos que se presentaron a lo largo del camino y poder alcanzar esta, tan anhelada, meta.

También, quiero expresar mi sincero agradecimiento, a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron con el éxito de este trabajo.

A mis asesores Dra. Rita Espósito y Dr. José Núñez, por el asesoramiento brindado, el cual fue de valiosa ayuda y muy atinado.

Al Dr. Raúl de los Ríos, por cada consejo a lo largo de toda mi carrera y ser como un padre para mí.

A mi padre Dr. Guillermo Ferrabone q.e.p.d., gracias por tus enseñanzas y apoyo.

A mis familiares y amigos por sus palabras de estímulo e interés por el progreso de este trabajo.

A todos,

**Gracias**

## ÍNDICE

RESUMEN .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	xi
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO.....	1
1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	9
1.4. OBJETIVOS.....	13
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2.1. CONCEPTO DE CADENA ELASTOMÉRICAS .....	16
2.2. LOS INICIOS DE LA INDUSTRIA DEL CAUCHO.....	17
2.3. HISTORIA DE LOS ELÁSTICOS EN ORTODONCIA .....	19
2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ELÁSTICOS SEGÚN SU MATERIAL.....	20
2.5. APLICACIONES CLÍNICAS DE LOS ELÁSTICOS EN ORTODONCIA .....	22
2.6. EFECTOS DE LOS CAMBIOS AMBIENTALES EN LOS ELÁSTICOS.....	22
2.7. TIPOS DE ELASTÓMEROS .....	23
2.7.1. MÓDULOS ELASTOMÉRICOS.....	23
2.7.2. ELÁSTICOS INTERMAXILARES .....	24
2.7.3. CADENAS ELASTOMÉRICAS .....	26
2.8. MOVIMIENTO DENTAL .....	27
2.9. SALIVA.....	29
2.9.2. SALIVA ARTIFICIAL.....	31
2.9.3. TIEMPO DE INMERSIÓN.....	31
CAPÍTULO III. ....	34
METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	34
3.1. TIPO DE ESTUDIO.....	35
3.2. POBLACIÓN.....	35

<b>3.3. MUESTRA</b> .....	36
<b>3.3.1. TAMAÑO DE MUESTRA</b> .....	36
<b>3.3.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</b> .....	37
<b>3.5. VARIABLES DE ESTUDIO</b> .....	39
<b>3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	40
<b>3.7. MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	41
<b>3.7.2. MATERIALES</b> .....	42
<b>3.7.3. PROCEDIMIENTO</b> .....	43
<b>3.7.3.1. MÉTODO DE MEDICIÓN</b> .....	45
<b>3.8. TÉCNICA ESTADÍSTICA DE TRATAMIENTO DE DATOS</b> .....	48
<b>3.8.1. DISEÑO DE EXPERIMENTO: ANOVA DE UN FACTOR</b> .....	48
<b>CAPÍTULO IV.</b> .....	54
<b>PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	54
<b>4.3. RESULTADOS</b> .....	91
<b>5.3. RECOMENDACIONES</b> .....	102
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.	TÍTULO	Página
2.1	FUERZA ADECUADA PARA EL MOVIMIENTO ORTODÓNCICO.....	29
3.1	OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	40
3.2.	MATERIALES.....	42
3.3	CADENAS ELASTOMÉRICAS VALOR MERCADO.....	43
3.4	ANOVA DE UN FACTOR.....	49
4.1	MEDIDAS DESCRIPTIVAS DE LA FUERZA INICIAL DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS, SEGÚN MARCA.....	55
4.2	MEDIDAS DESCRIPTIVAS DE LA FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADA EN BASE ACRÍLICA A LOS SIETE DÍAS, SEGÚN MARCA.....	57
4.3	MEDIDAS DESCRIPTIVAS DE LA FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADA EN BASE DE ACRÍLICA A LOS CATORCE DÍAS, SEGÚN MARCA.....	60
4.4	MEDIDAS DESCRIPTIVAS DE LA FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADA EN BASE DE ACRÍLICA A LOS 28 DIAS, SEGÚN MARCA.....	62
4.5	PRUEBAS DE NORMALIDAD DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS PARA LA FUERZA INICIAL.....	69
4.6	PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA LA FUERZA INICIAL DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS.....	69
4.7	PRUEBAS ROBUSTAS DE IGUALDAD DE LAS MEDIAS PARA LA FUERZA INICIAL DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS.....	70
4.8	COMPARACIONES MÚLTIPLES FUERZA INICIAL DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS.....	71
4.9	PRUEBAS DE NORMALIDAD DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS 7 DÍAS DE SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADA EN LA BASE ACRÍLICA.....	75
4.10	PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS DE LA FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS 7 DÍAS	

	DE SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADAS EN UNA BASE ACRÍLICA.....	<b>75</b>
4.11	ANOVA DE LA FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADA EN LA BASE ACRÍLICA A LOS 7 DÍAS.....	<b>76</b>
4.12	COMPARACIONES MÚLTIPLES DE LA MEDIA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS SIETE DÍAS.....	<b>77</b>
4.13	PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA LA PÉRDIDA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS 14 DÍAS.....	<b>80</b>
4.14	PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA LA PÉRDIDA DE FUERZA A LOS 14 DÍAS DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS.....	<b>81</b>
4.15	PRUEBAS ROBUSTAS DE IGUALDAD DE LAS MEDIAS PARA LA PÉRDIDA DE FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS 14 DÍAS.....	<b>81</b>
4.16	COMPARACIONES MÚLTIPLES DE LAS MEDIAS DE LA PÉRDIDA DE FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS 14 DÍAS.....	<b>83</b>
4.17	PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA LA PÉRDIDA DE FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS 28 DÍAS.....	<b>85</b>
4.18	PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA LA PÉRDIDA DE FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS 28 DÍAS.....	<b>86</b>
4.19	ANOVA DE UN FACTOR PARA LA PÉRDIDA DE FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS 28 DÍAS.....	<b>87</b>
4.20	COMPARACIONES MÚLTIPLES DE LAS MEDIAS DE LA PÉRDIDA DE FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS 28 DÍAS.....	<b>90</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No.	TÍTULO	Página
1	FUERZA INICIAL PROMEDIO, SEGÚN MARCAS DE CADENAS ELASTOMÉRICAS.....	56
2	FUERZA PROMEDIO DE LAS CADENAS ELÁSTOMERICAS A LOS SIETES DÍAS DE SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADAS EN BASE ACRÍLICA, SEGÚN MARCA.....	58
3	FUERZA PROMEDIO DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS CATORCE DÍAS DE SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADAS EN BASE DE ACRÍLICA, SEGÚN MARCA.....	61
4	FUERZA PROMEDIO DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS A LOS VEINTE Y OCHO DÍAS DE SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADAS EN BASE DE ACRÍLICA, SEGÚN MARCA.....	63
5	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS POR DÍAS, SEGÚN FUERZA INICIAL Y MARCA.....	65
6	FUERZA INICIAL Y FINAL DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS, SEGÚN MARCA.....	66
7	PROMEDIO DE LAS FUERZAS INICIALES, SEGÚN MARCAS DE CADENAS ELASTOMÉRICAS.....	70
8	DIFERENCIAS EN LAS MEDIDAS INICIALES GAMES-HOWELL SIMULTANEOUS 95% CLs.....	73
9	DMS 95% CLs DIFERENCIAS EN LAS MEDIDAS PARA 7 DÍAS PROMEDIO DE LAS FUERZAS A LOS 7 DÍAS.....	78
10	PROMEDIO DE LAS FUERZAS A LOS 7 DÍAS, SEGÚN MARCA DE CADENAS ELASTOMÉRICAS.....	79



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>Página</b>
1	Cadenas elastoméricas seleccionadas para el estudio	<b>45</b>
2	Dinamómetro digital	<b>45</b>
3	Mediciones de las cadenas elastoméricas	<b>46</b>
4	Plataformas con los puntos de sujeción, obtenida de la muestra control	<b>46</b>
5	Plataformas con los puntos de sujeción, obtenida de la muestra control	<b>47</b>

## RESUMEN

Este estudio tiene como propósito medir la pérdida de la fuerza de las cadenas elásticas de cinco marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Dentsply y RMO, las cuales fueron seleccionadas por tener disponibilidad en el mercado y ser de uso cotidianos en centros privados y en la MOUP. Se seleccionó una muestra aleatoria de 20 cadenas elásticas por marca, lo que representa 100 observaciones por experimento; se midió la fuerza inicial de las cadenas elásticas, luego fueron estiradas en una base acrílica y sumergida en saliva artificial durante 7, 14 y 28 días. Se utilizó el análisis de varianza de un factor cuando los supuestos de normalidad y homocedasticidad se dieron en la población donde fueron extraídas las muestras para comprobar diferencias en las medias de la pérdida de fuerza de las cadenas y cuando no dio igual varianza se utilizó la prueba Welch. Para detectar qué marca registra la menor o mayor fuerza en los diferentes intervalos, se utilizó la prueba de Fisher y Games-Howell, si procedían de poblaciones con varianza iguales y desiguales respectivamente. La marca que registró la mayor fuerza inicial fue la marca American Orthodontic, mientras la que registró la menor pérdida de fuerza, luego de ser sumergida en saliva artificial y estirada en base acrílica a los siete días, fue la marca Dentsply; a los catorce días, la marca que registró la menor pérdida de fuerza fue la marca Morelli y 3M; a los veintiocho, días la que registró la mayor fuerza final fue 3M y American Orthodontic. La fuerza final fue para 3M (245.70 gr.), American Orthodontic (240.40 gr.), Morelli (230.5 gr.), Dentsplay (221.35 gr.) y RMO (185.4 gr.). La pérdida de fuerza al final del experimento fue: 3M (42.69%), American Orthodontic (52.75%), Morelli (50.75%), Dentsply (52.43%) y RMO (45.85%).

## **ABSTRACT**

The purpose of this study is to measure the loss of strength of the power elastomeric chains of five commercial brands: 3M, Morelli, American Orthodontic, Dentsply and RMO, which were selected because they are readily available and are used everyday in private centers and in the University of Panama. A random sample of 20 power elastic chains was selected per brand, representing 100 observations per experiment; the initial strength was measured, then they were stretched on an acrylic base and immersed in artificial saliva for 7, 14 and 28 days. The analysis of the variance factor was used when the assumptions of normality and homoscedasticity occurred in the population where the samples were taken to check differences in the means of loss of strength and when the variance was not equal, a Welch test was applied to detect which brand registers the lowest or highest force in the different intervals. The Fisher and Games-Howell test were used if they came from populations with equal and unequal variance, respectively. The brand that registered the highest initial strength was American Orthodontic, while the one that recorded the lowest loss of strength after being submerged in artificial saliva and stretched on an acrylic base for seven days was Dentsply. After fourteen days, the brands that registered the lowest loss of strength were Morelli and 3M; at twenty-eight days the ones with the highest final strength was 3M and American Orthodontic. The final strength was for 3M (245.70 gr.), American Orthodontic (240.40 gr.), Morelli (230.5 gr.), Dentsplay (221.35 gr., and RMO (185.4 gr.). The loss of strength at the end of the experiment was: 3M (42.69%), American Orthodontic (52.75%), Morelli (50.75%), Dentsply (52.43%), and RMO (45.85%).

## INTRODUCCIÓN

Los autores (Vivanco & Peñaherrera, 2015) mencionan que los pacientes asisten a la consulta en busca de estética dental y uno de los tratamientos dentro de la Odontología, con la cual podemos lograr dicha estética es la Ortodoncia, la misma que nos ayuda a alinear los dientes en mala posición, asegurando así, no solo estética dental y facial, sino funcionalidad.

Una de las primeras metas en el tratamiento de Ortodoncia es la aplicación de fuerzas ligeras y continuas, para asegurar al máximo un movimiento efectivo de los dientes con un mínimo de efectos secundarios como reabsorción ósea y radicular, lo cual afecta al movimiento dental de forma adversa (Ortega , 2015).

La utilización de cadenas elastoméricas es muy frecuente en los tratamientos ortodóncicos para el cierre de espacios, retracción de caninos y corrección de mal posiciones dentarias mediante la tracción de dientes individuales (Kusy & Stevenson, 1994). Sin embargo, existen pocas investigaciones sobre sus propiedades físicas y degradación de fuerza al ser colocados en un medio salival artificial.

En el tratamiento ortodóntico correctivo es necesario la aplicación de fuerzas mecánicas a los dientes para ajustarlos a posiciones apropiadas. Brackets, resortes, las cadenas elastoméricas y las ligaduras; son fuentes importantes de fuerza en el movimiento dental (López, Kochenborger, & Marchioro, 2009).

Complementario en el tratamiento de Ortodoncia, también, tenemos algunos elementos que son indispensables para el mismo, como brackets y arcos;

además, encuentran otros que ayudan a llevar a cabo de igual modo, como son los elastómeros, los mismos que han sido utilizados por los ortodoncistas a lo largo del tiempo, y se han convertido en parte integral de la práctica de la ortodoncia, estos se utilizan para la fijación del arco a los brackets y así cumplir la función de alinear y nivelar los dientes.

Adicionalmente, los autores, ya mencionados (Vivanco & Peñaherrera, 2015) indican que el mantenimiento de la fuerza de los elastómeros es de especial interés, dada la relevancia en su aplicación clínica. Estos elastómeros poseen características muy favorables para su uso ortodóncico, sin embargo, presentan la desventaja de una degradación de la fuerza, resultando en la pérdida gradual de su efectividad y a la vez, dificulta, la transmisión de una fuerza constante a la dentición.

En la historia, el primer material elástico conocido como hule natural, fue utilizado por las civilizaciones Inca y Maya, que extraían el producto de algunas variedades de árboles. Si se permite que el látex se evapore de forma natural, la película de caucho que se forma puede ser secadas y prensadas en artículos utilizables como botellas, zapatos y pelotas. Los indígenas sudamericanos hicieron tales objetos en los primeros tiempos como pelotas de goma que utilizaron en juegos ceremoniales, los aztecas. La presencia de canchas para el juego de pelota en la mayoría de los sitios ceremoniales, Mayas, indican que la habilidad para procesar látex y producir bolas de hule, se generó siglos antes de que los europeos llegaran a Centro América; sin embargo, su uso fue

eliminado debido a que sus propiedades se perdían con facilidad por la acción de los cambios de temperatura y la absorción de la humedad (Ortega , 2015).

Con el proceso de la vulcanización, introducido por Charles Goodyear en 1839, los usos del hule natural se incrementaron, y para el año de 1843, los descubrimientos por parte Goodyear y Nathaniel Hayward en los Estados Unidos y de Tomas Hancock en Inglaterra, permitieron la estabilización del hule. Más adelante, ortodoncistas como Baker, Case y Angle comenzaron a implementarlo en tratamiento ortodóntico (Baty, Storie, & Von Fraunhoferc, 1994).

Los elastómeros, suelen ser normalmente polímeros termoestables, abarcan materiales que después de sufrir una deformación sustancial, regresan rápidamente a su dimensión original; por consiguiente, la deformación permanente puede producirse cuando el polímero se estira más allá de su límite elástico, lo que causará rotura de los enlaces cruzados que lleva la estructura lineal del polímero que forma parte de la cadena. Además, las características elásticas de las cadenas varían de acuerdo a su proceso de manufactura, lo cual puede alterar los resultados del tratamiento (Kusy & Stevenson, 1994).

Los polímeros están compuestos de enlaces con baja atracción molecular primaria y secundaria. Inicialmente, el polímero tiene un patrón espiral; cuando se deforma, debido a la aplicación de una fuerza, asumen una estructura lineal con enlaces cruzados en algunos de los puntos de sus ejes.

Este cambio de espiral a lineal, ocurre debido a las conexiones secundarias débiles, mientras que la recuperación del polímero a su estructura original se debe a la existencia de las reticulaciones. La deformación permanente ocurre solo cuando el polímero es estirado más allá de su límite elástico causando la ruptura de las reticulaciones; también, explica que varios estudios con cadena elastomérica demostraron que estos materiales no pueden producir niveles constantes de fuerza durante largos períodos de tiempo y que la mayor disminución de su fuerza ocurre en las primeras horas. Después de este período, la pérdida es gradual. (López et al., 2009).

Un buen número de estudios ha evaluado, la fuerza ejercida por los elásticos sintéticos en función del tiempo, al que fueron sometidos. El 30%, ocurrió durante la primera hora de prueba. Por consiguiente, la aplicación de una fuerza inicial mayor que la deseada para un movimiento ortodóntico se recomienda a menudo para remediar dicha reducción de fuerza durante el uso continuo del elástico (Martins, De Moraes, De Oliveira, De Andrade, Ferreira & De Sá, 2006).

El objetivo de este estudio es evaluar la degradación de la fuerza en cinco marcas registradas de cadenas elastoméricas en función de la fuerza y duración del estiramiento, al que serán sometidas en un determinado periodo de tiempo y el medio acuoso a los que serán expuestos in vitro.

En congresos y revistas científicas, se resaltan considerables avances que se han producido durante las últimas dos décadas en el campo de los

materiales de Ortodoncia, asociado a los brackets, arcos y técnicas de cementación. Este progreso ha contribuido al establecimiento de un sistema ortodóntico que ha facilitado, la aplicación de las fuerzas a determinada magnitud, dirección y duración específica. (Eliades, Eliades, Watts, 1999).

La elasticidad de las cadenas elastoméricas sufre un deterioro gradual, al ser sometidas a una fuerza de tensión constante debido a la ruptura de sus estructuras moleculares, por acción de diversos factores ambientales. (Herrera, Katagiri, & Gayosoll, 2006).

Las características elásticas de las cadenas elastoméricas varían de acuerdo a su proceso de manufactura, lo cual puede alterar los resultados del tratamiento; es por ello, que esta información es importante para poder establecer variaciones clínicas que lleven a los resultados deseados (Kusy & Stevenson, 1994).

## TEMA

Guzman (2002) refiere que en el siglo XVIII, se crearon láminas metálicas con la finalidad de abrazar las arcadas para movilizarlas. Fauchard, fue el primer autor reconocido en el mundo occidente con su libro, “Le chirurgien dentiste”, menciona 12 casos cuyas características hoy serían consideradas de naturaleza ortodóntica.

El inicio del uso de los elastómeros en la Ortodoncia, vino acompañado de sus limitantes, en cuanto al tiempo de uso en boca, errores en la fabricación y de parte del profesional; otros estudios, fueron determinando los factores que influyen en su degradación, tiempo de uso y utilización de conservantes para



hacerlos más estables y predecibles. Como resultado, tenemos que el medio bucal está expuesto a gran parte de ellos como lo son las fuerzas de masticación, alcohol y la saliva como es descrito por Young y Sandrik en 1945 y Chimenti 2005.

Se estima que la boca está humedecida por la producción de entre 1 y 1,5 litros de saliva al día, si la persona está hidratada. Esta producción de saliva viene acompañada de elementos como lo son proteínas: Amilasa, la Mucina encargada de viscosidad, lisozima ataca el ácido murámico de algunas bacterias, inmunoglobulinas (IgA), iones como cloruro, hierro, calcio, fluor, etc provenientes de la dieta y un sin número de componentes que pueden cambiar sus concentraciones a lo largo del día.

La saliva artificial o hidratante bucal su función principal radica en ser un coadyuvante en pacientes con poca producción de saliva. Es fabricado con el fin de emular la saliva natural. En este caso utilizada para emular las condiciones bucales a la cual son sometidas las cadenas elastoméricas.

A través de los años, cabe agregar que se ha presentado una evolución constante en las técnicas y clasificación de maloclusiones, sino también de los materiales utilizados para poder llevar a cabo los tratamientos ortodónticos. Las cualidades técnicas de las cadenas elastoméricas tensionadas son de interés específico en este trabajo, debido a la relevancia en cuanto a la aplicación clínica.

Para realizar un tratamiento de Ortodoncia con una técnica convencional, se necesita de tres elementos básicos que son: los brackets, alambres

metálicos con diferentes formas y calibres y elastómeros; con los cuales se ajustan a los alambres, a los brackets permitiendo el movimiento de los dientes para conseguir los objetivos terapéuticos. Existen diversos movimientos dentales que se realizan para conseguir la corrección de los diferentes casos, los cuales van a necesitar diferentes grados de fuerzas como lo ha mencionado Profitt (2008).

En el mercado existen diversas casas fabricantes de cadenas elastoméricas. Con este experimento, se trata de replicar lo que ocurre en la boca durante los días que el paciente de Ortodoncia, utiliza las cadenas elastoméricas, verificar su fuerza y sugerir la mejor opción que se podría utilizar en la consulta de Ortodoncia. Las marcas a estudiar son 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO, las cuales son las más comercializadas en el país.

**CAPÍTULO I.**  
**ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO**

## **1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Las cadenas elastoméricas se introdujeron en la profesión de Ortodoncia en 1960. Se utilizan en casos de: cierre de espacios de la arcada, distalización de caninos, cierre de diastemas y corrección de rotaciones (Herrera et al., 2006).

Pueden verse afectadas por diversos factores como la temperatura, la concentración de oxígeno, cambios de pH, exposición a la luz ultravioleta, absorción de agua, sustancias contenidas en la saliva, higiene oral y por efectos de fuerzas externas como la masticación (Rock, Wilson, & Fisher, 1985).

Herrera et al., 2006 en su artículo de estudio in-vitro del deterioro de las propiedades elásticas de las cadenas elastoméricas, plantea que, a los 30 minutos de ser colocadas en la boca, hay una pérdida importante de la fuerza; a las 24 horas pierden entre 50 y 70% de su fuerza; quedando un remanente del 30 al 40% aproximadamente, durante las siguientes 4 semanas. Sin embargo, el mismo aclara que las características elásticas de las cadenas varían de acuerdo al proceso de manufactura, lo cual puede alterar el resultado del tratamiento.

Buchmann, Senn, Ball, & Brauchli, en el año 2011, en su estudio realizaron pruebas a ocho cadenas elastoméricas de diferentes compañías fabricantes, todas con una longitud de 5 centímetros y tomando 2 muestras de cada

compañía, estirando unas en un 50% y las otras en un 100 % de su longitud inicial y fueron probadas en intervalos de tiempo de 0, 2, 8, y 24 horas y los 7 y 21 días, dando un total de 960 mediciones. Concluyeron que la pérdida de fuerza, representado como un porcentaje de los niveles iniciales de fuerza, únicamente dependerá del tipo de cadena que se está probando, no en la activación inicial realizada. Además, tres cadenas elastoméricas, fueron identificadas con características superiores con respecto a la pérdida de fuerza. Estas tenían una pérdida de solo el 40% de la fuerza después de 3 semanas.

López et al., en el 2009, en su artículo, muestra diferencias significativas en la fuerza a partir de los 30 minutos, 7, 14 y 21 días en 4 marcas comerciales diferentes de cadenas elásticas.

En ambos estudios, Herrera et al., 2006; López et al., 2009, utilizaron cadenas elastoméricas con 5 eslabones, mientras que otro estudio de Eliades, Eliades, Silikas, & Watts, en el 2004, utilizó cadenas elastoméricas de 6 eslabones de 3 marcas distintas, donde al cabo de 3 semanas de estudio in vitro, no se encontraron diferencias significativas. Se llegó a la conclusión que dependiendo del medio al que se exponían las cadenas, su fuerza podría disminuir en 50% en las primeras 24 horas.

Otros estudios que se realizaron, sobre los efectos de la saliva artificial y flúor tópico en las fuerzas de relajación y cambios en la entrega de fuerza en tres marcas de cadenas elastoméricas. Al finalizar un periodo de cuatro semanas con cargas de 150gr y 300gr se demostró que la relajación de la carga ocurre cuando las cadenas elastoméricas requieren un incremento en

la elongación para mantener la misma entrega de carga sobre un periodo de tiempo (Von Fraunhofer, Coffelt, & Orbell, 1992)

Hay estudios que han analizado otras variables para determinar si estas influyen en la fuerza de relajación de una sola marca de cadena elastomérica, como lo son el aire, agua destilada, enjuague bucal y saliva artificial, concluyendo que en promedio un porcentaje de la fuerza remanente de las cadenas elastoméricas es afectada por la absorción de agua, químicos y el tiempo (Al-Kassar, 2011).

Otros resultados encontrados en este mismo estudio mostraron que la pérdida de fuerza fue menor en un ambiente seco que en los ambientes húmedos y de igual forma, haciendo la comparación entre los ambientes húmedos, se determinó que hubo una menor pérdida de fuerza en la saliva artificial que en el enjuague bucal.

Otros autores, realizaron estudios sobre los efectos de diferentes concentraciones de alcohol que encontrados comúnmente en enjuagues bucales, sobre la disminución de la fuerza de cadenas elastoméricas. Tenían como objetivo determinar si los enjuagues bucales con mayor concentración de alcohol incrementaban la pérdida de fuerza en las cadenas elastoméricas. Estos autores llegaron a la conclusión que el alcohol causa un aumento en la disminución de la fuerza de las cadenas elastoméricas y que la concentración no fue relevante en dicha disminución (Larrabee, Liu, Torres, Soto, Eckert y Stewart, 2012).

Por otro lado, en un estudio experimental in vitro para determinar el módulo elastomérico de mayor efectividad en el tratamiento ortodóncico. Se escogieron tres marcas de módulos elastoméricos se utilizaron 20 en medio seco y 20 en medio húmedo, fueron analizados por 28 días para observar el momento de la deformación elástica y plástica. Los resultados demostraron que en medio húmedo aumenta el grado de deformación de los módulos elastoméricos y que una de las tres marcas utilizadas respondió mejor a las pruebas. (Andrade, Cedillo, & Bravo , 2014)

Pantoja et al en el 2012, realizaron un estudio sobre la pérdida de fuerza y longitud de las cadenas elastoméricas al ser sometidas al ataque bacteriano durante 15 y 30 días, se evaluaron 68 segmentos de cadena 40 in vivo con 4 testigos y 20 in vitro y 4 testigos, Posteriormente, se sometieron a estiramiento 24 segmentos y se realizó la medición de fuerza con un sensómetro digital y la longitud con un vernier.

Los resultados de los cultivos microbianos, solo hasta los 30 días, reportaron bacilos Gram( -) y Candida s.p. a 100 X. Al microscopio de barrido, la cadena LANCER, en su superficie fue la que mayor degradación presento tanto testigo como la sometida a bacterias, la cadena T.P. Presentó una menor pérdida de fuerza y longitud al someterla a la degradación desde su medición inicial (T0) hasta los 30 días y de los 15 a 30 días.

Von Fraunhofer, Coffelt, & Orbell, en 1992, realizaron estudios sobre los efectos de la saliva artificial y flúor tópico en las fuerzas de

relajación (estudio sobre relajación de un material) y cambios en la entrega de fuerza en tres marcas de cadenas elastoméricas. Al finalizar un periodo de cuatro semanas con cargas de 150gr y 300gr, se muestra que la relajación de la carga ocurre cuando las cadenas elastoméricas requieren un incremento en la elongación, para mantener la misma entrega de carga sobre un periodo de tiempo.

Eliades et al, en el 2004, en su estudio, utiliza dos tipos de cadenas elastoméricas, cadenas cerradas y cadenas abiertas de tres diferentes fabricantes, en la que obtiene un total de seis grupos donde expone unos grupos al medio bucal y otros grupos a un medio in vitro a 24 horas y 3 semanas.

En este estudio, concluyo que la extensión in vitro de las cadenas elastoméricas, conduce a la deformación permanente en la longitud, la geometría no afectó la longitud de las cadenas, probablemente debido a la variación sustancial en la forma, tamaño y longitud del enlace de la cadena entre ambos productos de la misma categoría.

## **1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Los módulos elastoméricos o elastómeros usados en Ortodoncia son importantes para permitir el movimiento dental manteniendo una baja fricción. Cuando los elastómeros se encuentran en el medio bucal sufren un proceso de deformación elástica y luego plástica por lo que deben cambiarse con relativa frecuencia, para evitar que se desplacen espontáneamente y que además se



inactiven en la función que realizan, lo que constituye un serio problema en la práctica clínica de esta especialidad.

Los fabricantes, comerciales, proporcionan información de sus productos acerca de la fuerza generada por las cadenas elastomérica o dispositivo ortodóncico y al profesional solo le queda tener confianza en la seriedad de dicha información, a menos que se efectúen estudios sobre estos productos para confirmarla.

La elasticidad de las cadenas elastoméricas sufre un deterioro gradual al ser sometidas a una fuerza tensional constante, debido a la ruptura de sus estructuras moleculares por acción de diversos factores ambientales. (Herrera et al., 2006). En su Estudio in-vitro del deterioro de las propiedades elásticas de las cadenas elastoméricas elaboraron 10 muestras de cada marca comercial de cadena elastomérica (GAC, TP y 3M UNITEK) de 5 módulos cada una y se sometieron a tensión, midiendo la fuerza inicial, a los 30 min, 24 horas y 4 semanas. Los valores del alargamiento se obtuvieron a los 30 minutos, 24 horas y 4 semanas. Se encontró que la marca que presenta un comportamiento más uniforme tanto en las pruebas de fuerza como en las de alargamiento fue la GAC, mientras que la TP, obtuvo valores de fuerza altos y menores de alargamiento y 3M, pierde mayor cantidad de fuerza y tuvo mayor alargamiento.

En el estudio; “Determinación de la pérdida de fuerza y longitud de Cadenas Elastoméricas en cultivos bacterianos”, presentado por Pantoja, Almanza y Ruíz en el 2012, se evaluaron a los 15 y a los 30 días, 68 segmentos de cadena elastomérica (40 in vivo con 4 testigos y 20 in vitro y 4

testigos). Posteriormente, se sometieron a estiramiento 24 segmentos y se realizó la medición de fuerza con un sensómetro digital y la longitud con un vernier. En este estudio la cadena de la marca LANCER, fue la que mayor degradación presentó, tanto la testigo como la sometida a bacterias, la cadena T.P. Presentó una menor pérdida de fuerza y longitud al someterla a la degradación desde su medición inicial.

En la MOUP, se emplean diferentes tipos de elastómeros que se comercializan en Panamá y cada casa comercial expone las ventajas de sus productos. Sin embargo; la MOUP, no ha comprobado de forma científica, cuál de ellas resiste mayor tiempo a la deformación plástica o permanente en el medio bucal, ni la pérdida de otras cualidades útiles en el tratamiento ortodóncico.

Ante lo expuesto, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál de las cadenas elastoméricas de las marcas comerciales (3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO) obtiene la menor degradación de fuerza?
- ¿Cuál de las cadenas elastoméricas de las marcas comerciales (3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO) obtiene la mayor fuerza inicial?
- ¿Cómo influye el tiempo en la magnitud de la fuerza de las cadenas elastoméricas en medio de saliva artificial?
- ¿Cuál es el intervalo de tiempo en que se produjo una mayor degradación de la fuerza de las cadenas elastoméricas?

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

Una de las primeras metas en el tratamiento de Ortodoncia es la aplicación de fuerzas ligeras y continuas, para asegurar al máximo un movimiento efectivo de los dientes con un mínimo de efectos secundarios como reabsorción ósea y radicular, lo cual afecta al movimiento dental de forma adversa.

Los elastómeros usados en Ortodoncia son importantes para permitir el movimiento dental manteniendo una baja fricción, cuando los elastómeros se encuentran en el medio bucal sufren un proceso de deformación elástica y luego plástica, por lo que deben cambiarse con relativa frecuencia, para evitar que se desplacen espontáneamente y que además se inactiven en la función que realizan, constituyendo un serio problema en la práctica clínica.

La utilización de cadenas elastoméricas es muy frecuente en los tratamientos ortodónticos para el cierre de espacios, retracción de caninos y corrección de mal posiciones dentarias mediante, la tracción de dientes individuales (Kusy & Stevenson, 1994). Sin embargo, existen pocas investigaciones sobre sus propiedades físicas y degradación de fuerza al ser colocados en un medio salival artificial. Los autores, indican, también, que los elastómeros suelen ser, normalmente, polímeros termoestables, abarcan materiales que después de sufrir una deformación sustancial, regresan rápidamente a su dimensión original. La deformación permanente puede producirse cuando el polímero se estira más allá de su límite elástico, lo que causará rotura de los enlaces cruzados que lleva la estructura lineal del

polímero que forma parte de la cadena. Además, las características elásticas de las cadenas varían de acuerdo a su proceso de manufactura, lo cual puede alterar los resultados del tratamiento.

Las cadenas elastoméricas hechas a base de polímeros tienen la propiedad elástica que puede ser afectada por diversos factores ambientales, como la: temperatura, concentración de oxígeno, cambios de pH, exposición a luz ultravioleta, absorción de agua, acción de sustancias contenidas en el fluido salival, higiene oral y efectos de fuerzas externas como la masticación. (Baty, Storie, & Von Fraunhofer, 1994).

Varios materiales elastoméricos han sido introducidos en la profesión ortodóntica para su uso intrabucal, llegando a jugar un papel importante en la práctica Ortodóntica

En base a lo mencionado por Wong, en 1976, el elástico de látex que debe obtener las casas de suministros de Ortodoncia, debe tener controles de calidad adecuados. Para obtener propiedades óptimas en el caucho de látex que es utilizado en la preparación de los elásticos de ortodoncia, se mezclan los lotes más puros y cuidadosamente seleccionados del látex de alto peso molecular.

La exposición de las cadenas elastoméricas al Ozono y a la radiación ultravioleta procedente de la luz solar rompe la estructura a nivel molecular, lo cual se traduce en una reducción de las propiedades mecánicas de los elastómeros, llevando a los fabricantes a agregar sustancias químicas como antioxidantes, para evitar esta degradación del material. Si las condiciones

mencionadas con anterioridad reducen las propiedades mecánicas de los elastómeros, debemos recordar que estos fueron concebidos con el fin de ejercer su función en la cavidad bucal y en la misma convivir con la saliva del paciente, fuerzas de masticación y flora bucal. (Wong, 1976)

Los mecanismos para la deformación permanente de los materiales poliméricos incluyen estiramiento de la cadena molecular, el deslizamiento entre las cadenas moleculares adyacentes, y escisión de la cadena molecular fenómeno ya descrito por (Billmeyer, 1971)

Según explicaron Eliades et al en el 2004, que “durante el estiramiento el material está sujeto a una deformación elástica instantánea. Cuando se mantiene la carga, hay una deformación elástica retardada, así como una deformación viscosa irreversible y la producción de alargamiento permanente (dependiendo de la carga). Durante la descarga, la deformación elástica instantánea se recupera inmediatamente, seguida por un decaimiento de la deformación elástica retardada. Las propiedades mecánicas de los elastómeros, están influenciadas por la velocidad y duración de cargar, así como por las condiciones ambientales y las intrabucales”.

Los autores, agregan que “en el estado estirado, una porción del trabajo de alargamiento se disipa en forma de calor, mientras que otra parte produce reorientación molecular y la deformación permanente. Si los cambios en las dimensiones del material se inducen de forma temprana, es decir, dentro de las primeras 24 horas de la iniciación de la tracción, las dimensiones del módulo serán aumentadas para el período completo de la utilización intraoral restante,

que afecta negativamente al rendimiento del dispositivo como un mecanismo de carga del diente”.

El rendimiento de los módulos elastoméricos de ortodoncia es de especial interés, debido a la relevancia para la aplicación clínica de estos materiales. De igual importancia, el conocimiento de los niveles de fuerza implementadas en las mecánicas ortodónticas, ha sido una de las preocupaciones más influyentes en los cambios del protocolo de muchas mecánicas tratando, en lo posible de acercarse a las fuerzas óptimas que propicien un movimiento eficaz sin daño a los tejidos (T. Eliades, G. Eliades y C. Watts, 1999).

Conocer las alteraciones de las cadenas elastoméricas es de gran interés en la Ortodoncia, ya que estas son ampliamente utilizadas en la práctica clínica, y por tal motivo, se deben conocer sus propiedades y limitaciones, lo cual permitirá tener un mayor control en los tratamientos y resultados ortodónticos.

El presente estudio, proporcionara conocimientos en el campo de la Ortodoncia que permitirán al especialista, la toma de decisiones más acertadas en función del bienestar del paciente, dejando de lado la selección empírica de materiales, tantas veces influenciada por el mercadeo comercial, desatendiendo criterios técnicos científicos, como lo son en este caso las propiedades mecánicas de los materiales.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Estudiar in vitro la degradación de la fuerza de las cadenas elastoméricas sumergidas en saliva artificial en los intervalos de tiempo.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer la magnitud inicial generada por las cadenas elastoméricas cerradas de las distintas marcas comerciales, antes de ser sumergidos en saliva artificial.
- Especificar la magnitud de fuerza generados por las cadenas elastoméricas cerradas de cada una de las marcas comerciales, en los intervalos de tiempo de 7 días.
- Medir la magnitud de fuerza generados por las cadenas elastoméricas cerradas de cada una de las marcas comerciales, en los intervalos de tiempo de 14 días.
- Determinar la magnitud de fuerza generados por las cadenas elastoméricas cerradas de cada una de las marcas comerciales, en los intervalos de tiempo de 28 días.
- Comparar los niveles de degradación de fuerza de las cadenas elastoméricas cerradas sumergidas en saliva artificial en el intervalo de 0 a 7 días.

- Contrastar los niveles de degradación de fuerza de las cadenas elastoméricas cerradas sumergidas en saliva artificial en el intervalo de 7 a 14 días.
- Examinar los niveles de degradación de fuerza de las cadenas elastoméricas cerradas sumergidas en saliva artificial en el intervalo de 14 a 28 días.
- Demostrar que existe una relación entre el tiempo de exposición de la cadena elastoméricas al medio de saliva artificial y la degradación de la magnitud de la fuerza.
- Definir en qué intervalo de tiempo se produjo una mayor degradación de la fuerza de cadena elastoméricas.



## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

## **2.1. CONCEPTO DE CADENA ELASTOMÉRICAS**

El elastómero significa simplemente "caucho", es un término general que abarca las materias que después de una deformación sustancial, rápidamente vuelven a sus dimensiones originales (Baty et al., 1994). El caucho natural es una goma natural, blanca y lechosa, originaria de la región Amazónica. Desde mucho antes de la llegada de los europeos a América, ciertos indígenas del Amazonas llamaban al caucho como *cautchouc*, o "árbol que llora", y lo usaron para hacer vasijas y láminas a prueba de agua.

En Brasil, el caucho natural era conocido como *Hevea brasiliensis*, los habitantes usaban el látex en una rueda de paletas de madera que hacían girar en medio del humo, producido por una hoguera y al repetir las inmersiones obtenían una bola de caucho ahumado (Wong, 1976).

En la actualidad, el *Hevea* se cultiva en grandes plantaciones, en las que se utilizan injertos de variedades genéticamente modificadas para optimizar la producción de látex. Las zonas de mayor producción son: China, México, Vietnam y Brasil.

El caucho natural se obtiene directamente del árbol por medio del "sangrado", es decir se realiza un corte en forma de ángulo en la corteza profundizando hasta el cambium. Se recoge el jugo lechoso y viscoso en un recipiente. Esta secreción es el producto de desecho proveniente del protoplasma celular, por reacciones bioquímicas de polimerización, catalizadas por enzimas y que cuanto más se extrae más se regenera. El látex fresco se

transforma en caucho seco por medio de procesos químicos con sustancias coagulantes (Doliwa, 2008).

En la historia, el primer material elástico conocido como hule natural, era utilizado por las civilizaciones Inca y Maya, que extraían el producto de algunas especies de árboles. Si se permite que el látex se evapore de forma natural, la película de caucho que la forman puede ser secadas y prensadas en artículos utilizables como botellas, zapatos y pelotas.

Indígenas, sudamericanos, hicieron tales objetos en los primeros tiempos, como pelotas de goma que fueron utilizados en juegos ceremoniales aztecas. Al pasar el tiempo, su uso fue limitado, debido a que sus propiedades se perdían con facilidad por acción de la temperatura y la absorción de la humedad (Herrera et al 2006).

En el segundo viaje, al Nuevo Mundo en 1493 hasta 1496, Cristóbal Colón, regresó con las primeras pelotas de goma de las Indias Occidentales, algo muy novedoso debido a la forma en que las pelotas rebotaban. El siguiente acontecimiento en la historia del caucho natural, fue el descubrimiento español del uso de látex, para la impermeabilización de cuero y telas en 1615 (Baker, 1997).

## **2.2. LOS INICIOS DE LA INDUSTRIA DEL CAUCHO**

La industria del caucho en Europa, realmente, comenzó con Charles Macintosh en 1818. Muchos habían buscado disolventes adecuados para el caucho desde su llegada a Europa, como materia prima a finales de 1700, pero ninguno había tenido éxito. Charles Macintosh fue un químico industrial en

Glasgow, que desarrolló el alquitrán de carbón, como un disolvente barato y eficaz. Solo 2 años después, en 1820, Thomas Hancock, descubrió el “masticador” que era un cilindro de madera hueca, a manera de un rodillo de púas; esta máquina, en lugar de romper el caucho en pedazos, produjo suficiente fricción para soldar los trozos de goma en una masa que podría aplicarse con mayor producción.

Los esfuerzos de Macintosh y de Hancock, resolvieron el problema inicial de manejar la materia prima, pero no resolvieron uno de los obstáculos principales: el caucho natural se ablanda con el calor y se endurece con el frío. Además, el caucho era oloroso y perecedero (Baker, 1997).

El último hito en la historia temprana del caucho fue el descubrimiento de la vulcanización por Charles Goodyear. Mientras que la industria del caucho estaba desarrollando rápidamente en el clima templado de Gran Bretaña, la industria de los Estados Unidos, estaba afectada, debido a las condiciones extremas del clima; puesto que la alta temperatura hacía los productos pegajosos, mientras que las temperaturas muy bajas volvían al caucho rígido. Así, Charles Goodyear buscó la forma de hacer modificaciones a la goma para evitar los efectos de temperatura. En 1841, Charles Goodyear, accidentalmente sobre-calienta una mezcla de caucho, azufre y plomo blanco, lo que dio como resultado, el descubrimiento de la vulcanización; y un caucho que no se endurece en invierno ni suaviza en verano.

El caucho está compuesto por:

30 a 36 % hidrocarburo de caucho

0,30 a 0,7% de cenizas

1 a 2 % de proteínas

2% de resina

0,5% quebrachitol

60% de agua (Baker, 1997)

### **2.3. HISTORIA DE LOS ELÁSTICOS EN ORTODONCIA**

Los elásticos han sido un valioso complemento de cualquier tratamiento de Ortodoncia. El uso de los elásticos con una buena colaboración del paciente, proporciona al clínico la capacidad de corregir discrepancias, tanto antero-posteriores como verticales. Los elásticos de látex se han convertido en parte integral de la ortodoncia, después de haber sido discutidos por primera vez, por Calvin. S. en 1893, en el Congreso Dental de Columbia, pero Henry A. Baker en este mismo año, usó estos elásticos en la práctica clínica e introdujo el tan llamado anclaje Baker o el uso de elásticos intermaxilares con bandas de caucho. Con esto, muchos clínicos interpretaron el uso de elásticos intermaxilares con la eliminación de la necesidad de extracciones (Milton, 1990).

Las cadenas elastoméricas se introdujeron a la profesión dental en la década de 1960, y se han convertido en parte integral de muchas de las prácticas de Ortodoncia.

Tanto el látex natural, como los elastómeros sintéticos son ampliamente utilizados en la terapia de Ortodoncia. Los elásticos naturales de látex se empezaron a utilizar en la técnica de Begg, para proporcionar tracción

intermaxilar y fuerzas intramaxilares. Los materiales de elastómero en forma de cadenas, encontraron su mejor aplicación en la mecánica Edgewise, al ser usados para mover dientes a lo largo del arco como lo menciona Ortega (Singh, 2012). Los primeros defensores de la utilización de látex natural en la Ortodoncia fueron Baker y Case (1893) y Angle (1902).

#### **2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ELÁSTICOS SEGÚN SU MATERIAL**

Existen diferentes tipos de elastómeros, y estos se pueden clasificar en dos grandes grupos: el elastómero natural (látex) y el sintético. La principal diferencia entre ambos radica en el origen de sus materias primas.

##### **a) Elásticos de Látex**

El primer elastómero común era el caucho natural, formado en un organismo vivo en forma de un líquido lechoso, llamado látex, que circula en las porciones interiores de la corteza de muchos árboles y arbustos tropicales y subtropicales.

La estructura química del caucho natural es cis-1,4 poli isopropeno y contiene aproximadamente 500 unidades de isopropeno. La unidad estructural de la molécula es del grupo de los hidrocarburos ( $C_5H_8$ ), la cual es capaz de fijar, por adición, grupos covalentes (Loriato & Machado, 2006).

En el año 2006, Castro explica que “después de un proceso de secado y de ahumado, el caucho natural se utiliza en diferentes productos. Hoy en día alcanza el 30% del mercado de los cauchos, el resto lo ocupan los cauchos sintéticos”.

La limitación más importante del caucho natural es su enorme sensibilidad a los efectos del ozono o a otros sistemas de generación de radicales libres, tales: como la luz solar o la luz ultravioleta que produce grietas. Los fabricantes han añadido antioxidantes y antiozonantes para retardar estos efectos y extender la vida útil de los elastómeros (Baty et al,1994).

#### b) Elásticos Sintéticos

Están formados por reacciones químicas conocidas como condensación o polimerización de hidrocarburos insaturados. Estos se componen de monómeros que tienen una masa molecular relativamente baja y forman moléculas grandes llamadas polímeros (Castro, 2008). Sin embargo, la composición química y calidad de las materias primas, es información secreta de cada marca comercial (Loriato et al, 2006).

Martins et al en el año 2006, describen que químicamente: "los elastómeros son polímeros. Su origen etimológico proviene de la palabra "poly" que significa "muchos" y "mere" que significa "partes". Estos polímeros son sustancias compuestas de muchas moléculas que van a formar una cadena que está compuesta de unidades fundamentales llamados monómeros. Los polímeros están compuestos por enlaces primarios y secundarios. Inicialmente, los polímeros presentan un patrón espiral y cuando se deforman, debido a la aplicación de fuerza, las cadenas poliméricas se ordenan en una estructura lineal con enlaces cruzados en algunos puntos a lo largo de las cadenas. Los

enlaces secundarios modifican el patrón espiral a lineal, y la recuperación de su estructura inicial se debe a los enlaces cruzados”.

## **2.5. APLICACIONES CLÍNICAS DE LOS ELÁSTICOS EN ORTODONCIA**

Los elastómeros son materiales plásticos que luego de sufrir deformación sustancial retornan, en forma rápida a su dimensión original. El primer reporte de uso de látex natural se hizo en 1880, y se utilizó para fuerzas interarcada. Después los utilizaron: Case, Angle y Baker popularizándolos.

Ferreira et al (2008) mencionan que los elásticos se utilizan para:

- Cerrar espacios postexodoncias
- Fijar alambre a las ranuras de los brackets
- Sistemas liberadores de fuerzas intrarco o interarco

## **2.6. EFECTOS DE LOS CAMBIOS AMBIENTALES EN LOS ELÁSTICOS**

De los estudios de Young & Sandrik, 1949, y de Chimenti , 2005, se pueden mencionar los factores que afectan las propiedades de los elásticos:

- El Calor los afecta más que el frío.
- El pH alcalino afecta más las cadenas de poliuretano.
- Las enzimas salivales afectan las cadenas y las degradan.
- La esterilización y desinfección con glutaraldehído no las afectan.
- Las bacterias y especialmente los hongos atacan el poliuretano.



- La exposición a las enzimas de la saliva reducen en forma significativa, la resistencia a la fatiga y aumenta la hidrólisis reduciendo el peso molecular del polímero por las fisuras y cavidades que produce.
- La exposición al Ozono y luz, solar rompe los enlaces dobles insaturados en las moléculas y reduce la flexibilidad y resistencia a la tracción.
- Los elásticos en boca, absorben humedad, agua y saliva (higroscópicos e hidrófilicos) produciendo destrucción molecular y deformación permanente del material.
- Los elásticos se agrandan y se manchan debido a que se llenan espacios vacíos de la matriz de goma con detritus bacterianos y proteínas que luego se calcifican y dan lugar a una pérdida significativa de la fuerza.

## **2.7. TIPOS DE ELASTÓMEROS**

### **2.7.1. MÓDULOS ELASTOMÉRICOS**

Son anillos pequeños e individuales que sirven para fijar el alambre al arco. Existen módulos elastoméricos de diferentes colores, desde las transparentes para pasar inadvertido, hasta las de colores, que dan un toque divertido al aspecto del aparato. Durante un mismo tratamiento de Ortodoncia, se pueden utilizar unas u otras, ya que hay indicaciones especiales para cada una. Las fuerzas friccionales producidas por módulos elastoméricos, varían de 50 a 150 gr. Las ligaduras elastoméricas son hechas a base de polímeros de

poliuretano que están sujetos a la deformación permanente. (Rodríguez & White , 2008).

Los autores antes mencionados agregan que los elastómeros también se deterioran con el tiempo y en ambiente húmedo como resultado de la lenta hidrólisis. En estudios in vitro en condiciones secas y bajo condiciones de humedad (agua a 37° C) han demostrado que las fuerzas generadas por módulos elastoméricos, disminuyen durante la 3-4 semanas con una concurrente reducción de carga. Una reducción en la fuerza, se puede obtener mediante el estiramiento de una ligadura elastomérica, al duplicar su diámetro inicial.

Las ligaduras elastoméricas, pueden ser colocadas de manera convencional en un patrón de figura-O, puede ser colocado en patrón de figura en 8 alrededor del bracket, la segunda opción, aunque útil para asegurar la participación de arco completo en el interior de la ranura del bracket, produce fricción significativamente mayor que cuando se compara con la figura-O patrón. (Pantoja et al, 2012).

### **2.7.2. ELÁSTICOS INTERMAXILARES**

Son bandas de elastómeros de forma circular que se clasifican de acuerdo al diámetro del lumen interno y al espesor, estos dos factores son los que determinan la fuerza que producen. Dependiendo de la forma como se utilizan, pueden producir fuerzas en sentido horizontal, vertical y transversal.

Rodríguez y Loly en el año 2014, manifestaron que “las fuerzas que producen son de tipo horizontal, transversal y vertical y a la vez enlistan sus principales aplicaciones son de la siguiente manera:

- a) Producir cambios dentarios anteroposteriores.
- b) Maloclusiones clase II y clase III dental y/o esquelética.
- c) Ayudan a obtener una clase I canina desde una relación clase II y clase III.
- d) Anclaje
- e) Movimiento distal del segmento anterior o mesial del segmento posterior.
- f) Avance del arco mandibular.
- g) Cierre de mordida abierta.
- h) Retroinclinación de incisivos superiores y proinclinación de los inferiores o retroinclinación de incisivos inferiores y proinclinación de los superiores.
- i) Para cerrar pequeños espacios”.

Los elastómeros intermaxilares son dispositivos auxiliares de Ortodoncia, diseñados para mover o estabilizar un diente o un grupo de dientes entre otros usos, imprimiendo fuerzas determinadas para dicho fin. (Núñez, J. 2013; Yáñez, Araujo, & Marcote, 2007).

### **2.7.3. CADENAS ELASTOMÉRICAS**

Como es descrito por ORTEGA, S. en el 2015, “las cadenas elastoméricas son un material de uso rutinario en la práctica ortodóncica, consisten en unos enlaces circulares unidos por medio de conectores de diversas longitudes y que se encuentran disponibles en una amplia gama de marcas y colores”.

Como lo mencionan ORTEGA, S. en el 2015 y YÁÑEZ et al en el 2007, la cadena elastomérica es útil para cerrar espacios pequeños al final del tratamiento y para evitar que los espacios se reabran en fases avanzadas del tratamiento. Las cadenas elastoméricas sirven para generar fuerzas leves y continuas, para retracción de caninos, cierre de diastemas, corrección de rotaciones y cierre de espacios en el arco, por lo tanto es muy importante para el profesional conocer los diferentes tamaños de las cadenas elásticas, los cuales son 4 tipos:

Cadena cerrada o continua: recomendada para cierre de espacios de los incisivos inferiores. En este tipo de cadena la distancia intereslabón es de 3 mm. Las cadenas cerradas por lo general, producen altos niveles de fuerza inicial y retienen un porcentaje superior de fuerza remanente que la de otros tipos.

Cadena corta: recomendada para cierre de espacios de la arcada inferior, la distancia intereslabón es de 3.5 mm.

Cadena larga: recomendada para el cierre de espacios de la arcada superior, la distancia intereslabón es de 4 mm.

Cadena extra larga: tiene una distancia intereslabón de 4.5 mm recomendada para el cierre de espacios de la arcada superior. Tiene a ventaja que retiene mucho menos los alimentos, disminuyendo posibles caries y problemas periodontales”.

## **2.8. MOVIMIENTO DENTAL**

Como fue descrito por Canut en 1982, desde hace muchos años se sabe que son dos tipos de reacciones las que se observan al aplicar, durante un período suficiente de tiempo, una fuerza al diente. El hueso que se enfrenta y opone al sentido del movimiento tendrá que reabsorberse para permitir el desplazamiento radicular. Será necesario que se produzca una reabsorción ósea, por la presión que recibe, siendo denominado como lado de presión.

En el lado opuesto el hueso deberá seguir al diente tratando de mantener íntegro el espesor periodontal; nuevas capas óseas se depositarán sobre la superficie dentaria del hueso alveolar en el denominado lado de la tensión por el estiramiento que sufren las fibras periodontales al desplazarse la pieza dentaria. Se producirá, por lo tanto, reabsorción ósea en el lado de la presión y aposición ósea en el lado de la tensión. (Canut, 1982)

Para que se produzca un movimiento dentario, cuando aplicamos fuerza a un diente, tiene que existir reabsorción ósea. La fuerza ortodóncica debe vencer una doble resistencia. En primer lugar, la resistencia del periodonto, en la que se engloban las fibras y los líquidos que constituyen la sustancia amorfa, fundamental del periodonto; tras superar esta resistencia se produce un ligero

movimiento dentario en consonancia con el espesor del espacio periodontal. En una segunda fase cronológica, hay que vencer la resistencia que ofrece el hueso maxilar. Inicialmente, se opone la elasticidad propia del alveolo y tras la deformación mecánica, viene una reabsorción del hueso que permite el desplazamiento dentario. (Canut, 1982)

Cada uno de los dientes está fijado al hueso alveolar por una estructura de colágeno denominada ligamento periodontal, el cual en condiciones de normalidad mide alrededor de 0.5 mm, a lo largo y ancho de toda la raíz dentaria, cuyos principales componentes son una red de fibras colágenas, elementos celulares (fibroblastos, osteoblastos), vasculares, neurales y líquidos hísticos (Proffit, 2008).

Cuando se somete al diente a cierta fuerza, este se mueve a través del espacio del ligamento periodontal, comprimiendo el ligamento en algunos puntos y tensándolo en otros. El flujo sanguíneo disminuye en donde el ligamento periodontal queda comprimido, disminuyendo así los niveles de oxígeno y por lo general el flujo sanguíneo aumenta o se mantiene en los sitios en donde el ligamento se tensiona, produciendo así mayores niveles de oxígeno. Este, proceso, permite el estímulo para que se produzca la diferenciación y actividad celular, en el cual actúan los osteoclastos que son los encargados de eliminar tejido óseo del área en que el ligamento periodontal se encuentra comprimido y a la vez osteoblastos que forman nuevo tejido óseo en el lado que se encuentra sometido a tensión y para remodelar las zonas que

fueron reabsorbidas por los osteoclastos, de esta forma produciéndose el movimiento dental (Proffit, 2008; Puy, 2006; Walsh, 2008; Núñez , 2013).

Por lo tanto, se puede decir que los niveles de fuerza adecuados para el movimiento ortodóncico, deberían ser fuerzas continuas; lo suficientemente, elevadas para poder estimular la diferenciación y actividad celular y, a la vez, adecuadamente, leves para no producir una compresión total de los vasos sanguíneos del ligamento que impidan el flujo sanguíneo, el aporte de oxígeno y por ende la respuesta biológica de los tejidos (Proffit, 2008).

**Tabla 2.1. FUERZA ADECUADA PARA EL MOVIMIENTO ORTODÓNCICO**

Tipo de movimiento	Fuerza (gr)
Inclinación	35-60
Movimiento en masa	70-120
Torque radicular	50-100
Rotación	35-60
Extrusión	35-60
intrusión	10-20

Fuente: PROFFIT (2008)

## **2.9. SALIVA**

Según Puy en el 2006, “la saliva es una secreción compleja proveniente de las glándulas salivales mayores en el 93% de su volumen y de las menores en el 7% restante, las cuales se extienden por todas las regiones de la boca excepto en la encía y en la porción anterior del paladar duro. Es estéril cuando es excretada de las glándulas salivales, pero deja de serlo inmediatamente

cuando se mezcla con el fluido crevicular, restos de alimentos, microorganismos, células descamadas de la cavidad bucal. El 99% de la saliva es agua mientras que el 1% restante está constituido por moléculas orgánicas e inorgánicas.”

La saliva ejecuta una multiplicidad de funciones dentro de la cavidad oral que incluyen como la enlista Walsh, (2008):

- Lubricar los tejidos orales (para tragar y hablar);
- ayudar al sentido del gusto, al actuar como solvente para iones, y a través de proteínas tales como la gustina;
- mantener la salud de la mucosa oral, mediante factores de crecimiento que fomentan la cicatrización de heridas, y cistatinas que inhiben las enzimas destructivas tales como las cisteínas proteasas;
- ayudar en la digestión, mediante amilasa y lipasa;
- diluir y limpiar material de la cavidad oral;
- amortiguar los ácidos de la placa dental y de los alimentos y bebidas ingeridos, y prevenir la erosión causada por episodios de exposición prolongada a los ácidos débiles (como vinos y refrescos de cola negra) o exposición a corto plazo a los ácidos fuertes (como reflujo y vómito).
- Servir como depósito para iones (calcio, fósforo, y fluoruro) para la remineralización;
- controlar la microflora oral, mediante mediadores inmunológicos (IgA), enzimáticos, pépticos y químicos.



### **2.9.2. SALIVA ARTIFICIAL**

No existe una composición de saliva artificial aceptada universalmente. Actualmente, la saliva artificial funciona como complemento de la saliva natural, ya que, al variar constantemente, la composición física y química de la saliva natural es difícil emularla. Por tal motivo, las salivas artificiales, generalmente, contienen minerales y agentes de defensa ya que se utilizan habitualmente en el tratamiento la Xerostomia, que es la ausencia parcial o total de saliva. Sin embargo, la saliva artificial no contiene las enzimas digestivas y antisépticas, además de otras proteínas y minerales presentes en la saliva humana (Ortega, 2015).

Composición de saliva artificial es cloruro Potasio 0,6 g, Potasio dihidrógeno fosfato 0.17 g, calcio cloruro 0,148 g, cloruro magnesio 0,025 g, carboximetilcelulosa 5 g, sorbitol 15 g, agua purificada.

### **2.9.3. TIEMPO DE INMERSIÓN**

Hace un siglo, cuando los arcos de ortodoncia eran contruidos en metales preciosos, sus rango de trabajo era relativamente pequeño, y las citas tenían que ser programadas tan a menudo como una vez o dos veces a la semana. Con el tiempo, el acero inoxidable reemplazado metales preciosos, y el trabajo del ortodoncista mejoro, gracias a la capacidad de flexión.

Varios bucles y muelles en el arco de alambre Cuando módulos elastoméricos y muelles helicoidales de acero inoxidable. Se convirtió en

el principal medio de entrega de la fuerza, las citas mensuales eran adecuadas. A medida que la estructura reticular de alambres de ortodoncia evolucionó Los rangos de trabajo aumentaron aún más, el intervalo de seis semanas se hizo posible. En las últimas décadas, la Introducción de arcos níquel titanio superelástico han permitido programar citas hasta de 10 semanas de diferencia en algunos casos. Alger en 1988 concluyó que los pacientes de extracción eran probablemente los mejores para ser vistos a intervalos de cuatro semanas y que los pacientes sometidos a una expansión maxilar rápida necesitaban ser programados cada una o dos semanas para la evaluación de la expansión. También supuso que pacientes que tenían una higiene bucal deficiente o que estaban recibiendo un tratamiento dependiente del cumplimiento (headgear o elásticos) pueden ser vistos más con frecuencia para fomentar el refuerzo psicológico.

En una encuesta informal de 59 practicantes seleccionados al azar en 2005, Sheridan encontró que el intervalo más común entre las citas era de cinco a seis semanas, seguido de cerca por siete a ocho semanas.<sup>3</sup> Un intervalo de cuatro semanas no era común, y solo unos pocos encuestados informaron haber reservado pacientes en intervalos de más de nueve semanas o menos de tres semanas. Las razones más frecuentemente informadas para alargar el período entre citas fueron la disponibilidad de cables altamente resistentes, resortes de fuerza constante, soportes auto-ligantes y mecanismos de no cumplimiento

como el dispositivo Herbst, así como limitaciones de tiempo en familias con dos padres que trabajan y horarios ocupados después de la escuela. En la actualidad las citas de control de los tratamientos de ortodoncia se ha dado un movimiento hacia tener mayor tiempo entre las citas de control de los tratamientos de ortodoncia siendo las mismas superiores a los tiempos tradicionales en que se dan las citas de control en la Republica de Panamá siendo tradicionalmente de cuatro semanas.

**CAPÍTULO III.**  
**METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. TIPO DE ESTUDIO

Esta investigación es de tipo:

Descriptivo transversal, experimental e invitro.

- a) Descriptivo transversal: se describe la forma en que se desarrolla o produce el efecto que tiene el tiempo y la saliva artificial sobre la fuerza inicial y es un estudio de corta duración. Sampieri (2010).
- b) Experimental: La técnica de investigación es de tipo experimental, ya que se basa en un experimento y los principios encontrados en el método científico, donde el investigador obtiene a partir de la variable independiente, determinados resultados sobre la variable dependiente. Bajo las condiciones, necesarias, establecidas para manipular las variables involucradas en el experimento. Sampieri (2010).
- c) In vitro: ya que se realiza en un ambiente controlado, estandarizado y fuera de un organismo vivo. Sampieri (2010).

### 3.2. POBLACIÓN

La población está integrada por las cadenas elastoméricas de las marcas comerciales: 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO, en el periodo de tiempo comprendido entre febrero a julio de 2018. Las cuales fueron seleccionadas, siguiendo el criterio que a continuación se detalla:

- a) Disponibilidad en el mercado.
- b) Uso cotidiano en la Facultad de Odontología – Maestría de Ortodoncia.
- c) Uso cotidiano en establecimientos privados.

### 3.3. MUESTRA

La muestra está conformada por 100 cadenas elastoméricas en total de cada marca, como se determinó a continuación

#### 3.3.1. TAMAÑO DE MUESTRA

El tamaño de la muestra para cada uno de los grupos, se determinó mediante la fórmula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 * p * q}{d^2}$$

Donde:

n= cadenas elásticas necesarias en cada una de las muestras

$\alpha$ =Máximo error tipo I

Z= (1- $\alpha$ /2): Nivel de confianza

p=Proporción esperada

q=Complemento de p (1-p)

d: precisión

Para un nivel de significación del 95%, el  $\alpha=1.96$ ; la proporción esperada es de 0.28 y por lo tanto que será del 0.72. La precisión deseada fue 0.20.

$$n = \frac{1.96^2 * 0.28 * 0.72}{0.20^2}$$

$$n= 19.2$$

Cada grupo se conformó de por lo menos 20 cadenas elásticas.

#### **3.3.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Fueron incluidas en este estudio las cadenas elastoméricas, pertenecientes a cada una de las cinco marcas comerciales que hacen parte del proyecto y que cumplan con las siguientes características:

- Tipo de cadena elastomérica cerrada.
- Nuevas y/o selladas.
- Color: Transparente.
- Un año antes de su fecha de expiración.

#### **3.3.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Tipo de cadena elastomérica que no fueran cerrada.
- Cadenas elastoméricas que no fueran nuevas.
- Excluidas las cadenas que presentaron otro color que no fuera transparente.
- Excluidas aquellas cadenas cuya fecha de expiración era menor a un año.

### **3.4. HIPÓTESIS**

#### Hipótesis I

Ho: La media de la fuerza inicial de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO son iguales.

H1: Al menos unas de las medias de la fuerza inicial de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO es diferente.

### Hipótesis 2

Ho: La media de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de siete días sumergidas en saliva artificial son iguales.

H1: Al menos una de las medias de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de siete días sumergidas en saliva artificial es diferente.

### Hipótesis 3

Ho: La media de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de catorce días, sumergidas en saliva artificial son iguales.

H1: Al menos una de las medias de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de catorce días, sumergidas en saliva artificial es diferente.

### Hipótesis 4

Ho: La media de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de veintiocho días, sumergidas en saliva artificial son iguales.

H1: Al menos una de las medias de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de veintiocho días, sumergidas en saliva artificial es diferente.



### 3.5. VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables de estudio son las siguientes:

a) La fuerza: La fuerza es la magnitud física capaz de deformar los cuerpos, modificar su velocidad o ponerlos en movimiento y es medida en gramos. La fuerza es la acción ejercida por un cuerpo (alambre, resorte, elástico, etc.) sobre otro cuerpo (diente o hueso). Se expresa en masa por aceleración y es un vector que representa:

- i. Intensidad: medida en gramos
- ii. Dirección: recta o en angular
- iii. Módulo: sentido de fuerza. La unidad correcta para expresar la fuerza es el Newton (N). Sin embargo, en Ortodoncia, las fuerzas, normalmente, se expresan en gramos (gr).

b) Tiempo de inmersión: tiempos de siete días, catorce días y 28 días. Se refiere a los tiempos, que estuvieron inmersas las muestras de las diferentes marcas comerciales en el medio de saliva artificial. Se tomaron estos tiempos, ya que son los que clínicamente son más utilizados, por los profesionales durante el tratamiento ortodóntico.

c) Cadenas elastoméricas: consisten en unos enlaces circulares unidos por medio de conectores de diversas longitudes y que se encuentran disponibles en una amplia gama de marcas y colores. Para el estudio, se utilizaron cadenas cortas o cerradas de cada marca comercial.

- d) Saliva artificial: Solución artificial que es utilizada como tratamiento paliativo durante episodios de xerostomía o boca seca, ayudando a humectar la boca y aumentar el flujo de saliva.

### 3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

Variables	Concepto	Indicador	Tipo	Escala
La fuerza ( <b>Variable Dependiente</b> )	La fuerza es la acción ejercida por la cadena elastomérica sobre el dinamómetro	Módulo	Cuantitativa	Continua
<b>Variables Independientes</b>				
Saliva artificial	Producto sustituto de la saliva en donde se colocarán las cadenas elásticas	Sumergida  No sumergida	Nominal	Nominal
Tiempo de Inmersión	Intervalos de tiempo en el que se sumerge las cadenas elastoméricas	7 días 14 días 28 días	Cuantitativa	Discreta
Cadenas elásticas	Las diferentes marcas comerciales de cadenas elásticas	✓ 3M ✓ Morelli ✓ American Orthodontic ✓ Denstply y ✓ RMO	Nominal	Nominal

### **3.7. MATERIALES Y MÉTODO**

#### **Cadenas Elásticas**

El principal material utilizado durante la realización de esta investigación, fueron las cadenas elastoméricas, las cuales se compraron en diferentes casas comerciales, de 5 marcas o fabricantes diferentes: American Orthodontic, 3M, Dentsply y RMO de fabricación y estándares norteamericanos y las cadenas Morelli de fabricación brasileña. Se encuentran en diferentes presentaciones y colores; sin embargo, en este estudio se utilizaron exclusivamente transparentes.

#### **Saliva Artificial**

La utilizada en el estudio fue elaborada en Laboratorio no fue adquirida en establecimiento comercial y se utilizó para tratar de recrear el medio húmedo de la cavidad bucal al cual están sometidos todos los materiales utilizados tanto en la Ortodoncia como en la Odontología general.

Su composición es la siguiente: Composición por 500 ml: Cloruro Potasio 0,6 g- Potasio Dihidrógeno Fosfato 0,17 g- Cloruro Sodio 0,42 g- Cloruro Calcio 0,148 g- Cloruro Magnesio 0,025 g.-Carboximetilcelulosa 5 g- Sorbitol 15 g- agua purificada c.s.p.500 ml.

#### **3.7.1. EQUIPO**

##### **Dinamómetro Digital**

El dinamómetro es un instrumento utilizado para medir fuerzas o para pesar objetos. Modelo IMADA ZP 20N de capacidad máxima de 20 Newton con

unidades seleccionables de N, kgf, lbf. Accesorios estándar con 8 tipos de fijación.

#### **Soporte de medición**

Soporte confeccionado para colocar el dinamómetro digital y las cadenas elastoméricas y evitar errores en la medición de los datos.

#### **Pinza Mathieu**

Instrumento fabricado de acero inoxidable, para la colocación de ligaduras elásticas, metálicas y cadenas elastoméricas.

#### **Corte de Ligadura**

Instrumento fabricado de acero inoxidable para el corte de alambres de calibre inferior y cadenas elastoméricas.

### **3.7.2. MATERIALES**

**TABLA 3.2. MATERIALES**

<b>Cantidad</b>	<b>Marca</b>
1	Cadenas American Orthodontic
1	Cadenas 3M
1	Cadenas Morelli
1	Cadenas Denstply
1	Cadenas RMO
1	Dinamómetro digital
3	Envases

2	Saliva artificial
1	Soporte de medición
4	Tabla de registro de datos
1	pinza mathieu
1	Corte Ligadura

**TABLA 3.3. Cadenas elastoméricas valor mercado**

3M	\$ 27.82
AO	\$ 19.26
Denstply	\$ 13.85
Morelli	\$ 8.00
RMO	\$ 65.00

### **3.7.3. PROCEDIMIENTO**

Se realizó un estudio experimental in vitro, en el que se analizaron cinco marcas de cadenas elastoméricas de cuatro eslabones del tipo cerrada. La cantidad es representativa de cada marca comercial, debido a que son productos fabricados bajo normas de calidad que garantizan la igualdad de los mismos. Las marcas seleccionadas, fueron: 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO. Cada muestra, de cada casa comercial, será dividida en 1 grupo inicial y 3 grupos por periodo de tiempo para evaluar la pérdida de fuerza durante su uso, por período 7, 14 y 28 días. Las pruebas se desarrollaron en un medio seco y húmedo con saliva artificial fabricada por un Licenciado en Tecnología Química Industrial.

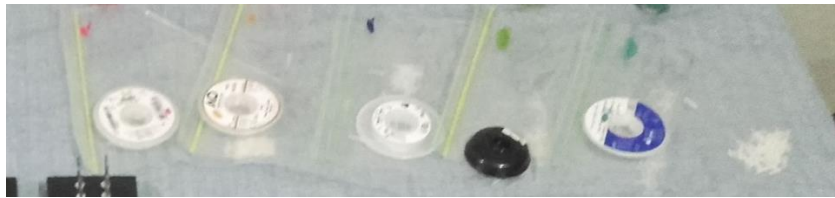
Se confeccionaron 15 bases acrílicas de 2.5 plg. de ancho por 9 plg. de largo y 0.7 plg de espesor, a las cuales se les colocó pines metálicos de acero inoxidable para mantener las muestras de cadenas elastoméricas estiradas, con el objetivo de analizar la degradación de fuerza a causa de un estiramiento constante en los intervalos establecidos para el estudio para cada una de las marcas de cadenas elastoméricas. Se utilizó un dinamómetro digital, Modelo IMADA ZP 20N, para realizar la medición de las fuerzas en los diferentes intervalos y los valores fueron registrados en una ficha de recolección de datos.

Después de realizar las mediciones iniciales de las muestras, Estas serán colocadas en los soportes metálicos con ayuda de una pinza Mathew. Las muestras fueron sumergidas en un envase con saliva artificial.

Por cada marca comercial, la muestra que se estimó fue de 20 cadenas elastoméricas de cuatro eslabones del tipo cerrada. La cantidad es representativa de cada marca comercial, debido a que son productos fabricados bajo normas de calidad que garantizan la igualdad de los mismos.

Para realizar este estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza, se utilizaron cadenas cuyas longitudes son de cuatro eslabones por cada una de las marcas comerciales. Cada muestra, de cada casa comercial, fue dividida en tres grupos, por periodo de tiempo. Una vez, terminado cada periodo de tiempo, se procedió a retirar las bases de la saliva artificial, se colocaron las muestras en el soporte de medición, junto con el dinamómetro para obtener las mediciones correspondientes a dicho periodo.

**Figura 1. Cadenas Elastoméricas seleccionadas para el estudio**



### **3.7.3.1. MÉTODO DE MEDICIÓN**

Para la medición de las cadenas elastoméricas de cuatro eslabones de tipo cerrada, se utilizó un dinámometro digital Modelo IMADA ZP 20N, a fin de medir la fuerza inicial de la muestra control y, la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas en los periodos de tiempo establecidos en 7, 14 y 28 días. Cabe resaltar que las muestras fueron estiradas a una distancia que es el doble de su longitud inicial.

**Figura 2. Dinámometro Digital Modelo IMADA ZP 20N**



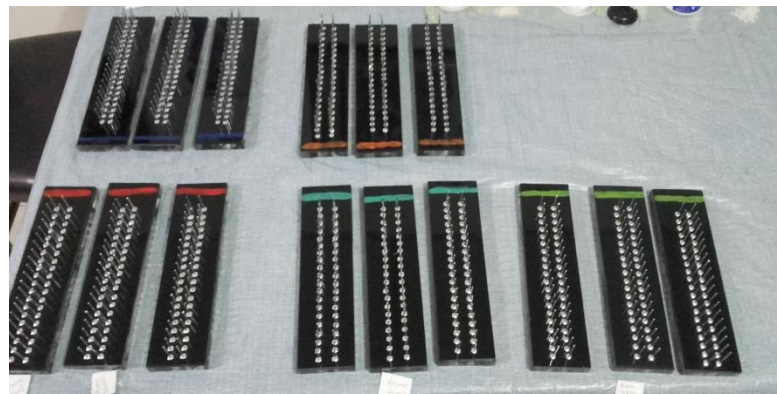
El grupo 1 de cadenas elastoméricas, no fue sumergido en saliva artificial. Cada cadena elástica de la muestra control, se estiró con el dinamómetro, al doble de su longitud inicial a fin de determinar la fuerza inicial en gramos. Sobre el promedio de las mediciones de las cadenas elastoméricas, se determinó la distancia de los puntos de sujeción en milímetros, para la confección de las bases acrílicas.

**Figura 3. Mediciones de las cadenas elastoméricas**

	3M	Morelli	RMO	Dentsplay	American Ortho
1	252	248	190	231	253
2	228	253	171	209	226
3	222	204	188	190	248
4	232	224	197	209	248
5	266	238	165	199	253
6	259	197	207	202	283
7	246	230	152	212	242
8	260	213	188	221	239
9	234	248	177	220	212
10	234	203	192	215	220
11	237	248	212	228	234
12	237	222	158	209	258
13	268	234	178	216	218
14	232	255	184	233	215
15	255	247	179	244	267
16	267	242	172	237	241
17	255	212	191	226	247
18	263	228	188	233	245
19	233	231	215	248	225
20	234	233	204	245	234

Determinada la distancia media de cada marca comercial, se fabricaron cinco plataformas con los puntos de sujeción definidos por la muestra control.

**Figura 4. Plataformas con los puntos de sujeción obtenida de la muestra control**





Se prosiguió a colocar las cadenas elastoméricas de cuatro eslabones de tipo cerrada en los puntos de sujeción de la plataforma de la marca comercial correspondiente.

**Figura 5. Plataformas con los puntos de sujeción obtenida de la muestra control**



Una vez realizado el mismo procedimiento para todas las marcas comerciales restantes, se procedió a colocar las plataformas en un recipiente, sumergiéndolas en saliva artificial por los periodos de tiempo:

- Grupo 1, por siete días
- Grupo 2, por catorce días
- Grupo 3, por veintiocho días

Para garantizar que los estiramientos fueran realizados en condiciones estandarizadas, se dejó reposar las cadenas elastoméricas durante 15 minutos, sobre papel absorbente, a fin de que se secaran para el momento de realizar la medición.

Finalmente, se realizó la medición de las cadenas elastoméricas en cada uno de los periodos de tiempo establecido. Para esto, se colocó cada cadena en el punto de sujeción de la plataforma de medición y con el dinamómetro digital Modelo IMADA ZP 20N, se estiró a igual distancia que la muestra control. Este procedimiento, se aplicó a cada cadena elastomérica de todas las marcas comerciales, analizadas en este estudio.

### **3.8. TÉCNICA ESTADÍSTICA DE TRATAMIENTO DE DATOS**

Luego de realizado el experimento y tomadas las mediciones, se procedió a realizar los análisis respectivos y para ello se utilizaron las técnicas estadísticas del diseño de experimento para corroborar todas las hipótesis enunciadas en este estudio. A continuación, se detallan las técnicas:

#### **3.8.1. DISEÑO DE EXPERIMENTO: ANOVA DE UN FACTOR**

ANOVA de un factor (también llamada ANOVA unifactorial o one-way ANOVA, en inglés) es una técnica estadística que señala si dos variables (una independiente y otra dependiente) están relacionadas en base a si las medias de la variable dependiente son diferentes en las categorías o grupos de la variable independiente. Es decir, señala si las medias entre dos o más grupos son similares o diferentes. Usamos ANOVA de un factor cuando queremos saber si las medias de una variable son diferentes entre los niveles o grupos de otra variable (Cárdenas, 2017).

ANOVA de un factor compara las medias de la variable dependiente entre los grupos o categorías de la variable independiente. Si las medias de la variable dependiente son iguales en cada grupo o categoría de la variable

independiente, los grupos no difieren en la variable dependiente, y por tanto no hay relación entre las variables.

**TABLA 3.3. ANOVA DE UN FACTOR**

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad	Variancia CM	F
Factor entregupos	$SC_{entre} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$	$k-1$	$S_{entre}^2 = \frac{SC_{entre}}{k-1}$	$F = \frac{S_{entre}^2}{S_{intra}^2}$
Factor intragrupo	$SC_{intra} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{.j})^2$	$n-k$	$S_{intra}^2 = \frac{SC_{intra}}{n-k}$	
Total	$SC_{total} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$	$n-1$		

Al aplicar ANOVA de un factor, se calcula un estadístico F, que se obtiene al dividir la variación entre los grupos por la variación dentro de los grupos. Si las medias entre los grupos varían mucho y la media dentro de un grupo varía poco, es decir, los grupos son heterogéneos entre ellos y similares internamente, el valor de F será más alto, y, por tanto, las variables estarán relacionadas.

#### Interpretación del test de F y la significación

Hemos de analizar e interpretar al aplicar ANOVA de un factor:

- Significación: si es menor de 0,05 es que las dos variables están relacionadas y por tanto que hay diferencias significativas entre los grupos
- Valor de F: cuanto más alto sea F, más están relacionadas las variables, lo que significa que las medias de la variable dependiente difieren o varían mucho entre los grupos de la variable independiente.

#### Supuesto:

- En ANOVA de un factor solo se relacionan dos variables: una variable dependiente (o a explicar) y una variable independiente (que en esta técnica se suele llamar factor).
- La variable dependiente es cuantitativa (escalar) y la variable independiente es categórica (nominal u ordinal).
- Se pide que las variables sigan la distribución normal.
- También que las varianzas (es decir, las desviaciones típicas al cuadrado) de cada grupo de la variable independiente sean similares (fenómeno que se conoce como homocedasticidad).

#### Prueba de Welch

Cuando las muestras tienen desviaciones estándar diferentes, existe mayor probabilidad de que la prueba produzca una conclusión incorrecta. Para evitar esta situación, se desarrolló la prueba de Welch, como una alternativa a la Prueba F (Welch, 1951).

Si el estadístico es significativo en el nivel 0,05, se rechazará la hipótesis nula de que los grupos tienen medias iguales.

El estadístico de prueba de Welch es calculado de la siguiente., manera:

$$F = \frac{\left[ \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k w_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2 \right]}{\left\{ 1 + \frac{2(k-2)}{k^2-1} \left[ \sum_{i=1}^k \frac{\left(1 - \frac{w_i}{W}\right)^2}{n_i - 1} \right] \right\}}$$

El valor p, para la prueba de Welch es una probabilidad superior de cola, para una distribución F, con grados de libertad de numerador k - 1, donde k es el número de niveles X y grados de libertad de denominador dados por:

$$df = \frac{k^2 - 1}{3 \sum_{i=1}^k \frac{\left(1 - \frac{w_i}{W}\right)^2}{n_i - 1}}$$

### Prueba de Comparaciones Múltiples

Una vez realizado el ANOVA de un factor, que indica qué grupos son diferentes entre sí, es decir, solo indica que existe una diferencia. Tras encontrar una diferencia significativa, puede realizar pruebas post hoc en el factor, para examinar las diferencias entre los niveles.

Estas pruebas post hoc, presuponen varianzas iguales.

#### DMS o Fisher:

La Diferencia Significativa Mínima (DSM) se define como la diferencia mínima que podría existir entre dos medias de muestras significativamente diferentes. Para obtener la fórmula para la DSM, se usa la prueba t de Student, para la diferencia entre dos medias cuando las varianzas no son diferentes cuyos estadísticos de contraste es:

$$t = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{S_{\Delta X}}$$

Además, si se considera  $n_i = n_j = n$ , entonces:

$$t = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{\frac{2s^2}{n}}}$$

Si este valor calculado es mayor que el valor teórico, se dice que la diferencia entre  $m_1$  y  $m_2$  es significativa. Así, la DSM puede considerarse como la menor de las diferencias, es decir:

$$DSM = |\bar{X}_i - \bar{X}_j| = t \sqrt{\frac{2s^2}{n}}$$

$$DSM = t_{1-\frac{\alpha}{2}, g_{i,j}, error} \sqrt{\frac{2CM_{Error}}{n}}$$

### Games Howell:

Esta prueba se usa con varianzas desiguales y también toma en cuenta los tamaños de grupo desiguales. Las variaciones muy desiguales, pueden generar un mayor error tipo I, y, con tamaños de muestra más pequeños, diferencias más moderadas en la varianza grupal, pueden llevar a aumentos en el Error tipo I. La prueba de Games-Howell, que está diseñada para variaciones desiguales, se basa en la prueba de Welch. Esta prueba parece funcionar mejor que el Tukey HSD, si las varianzas son muy desiguales (o

moderadamente en combinación con una muestra pequeña) o puede usarse si el tamaño de muestra por celda es muy pequeño (por ejemplo, <6).

Su ajuste se remonta a los ajustes propuestos por Welch y por Satterthwaite, y puede escribirse como:

$$df' = \frac{\left( \frac{s_i^2}{n_i} + \frac{s_j^2}{n_j} \right)^2}{\frac{\left( \frac{s_i^2}{n_i} \right)^2}{n_i - 1} + \frac{\left( \frac{s_j^2}{n_j} \right)^2}{n_j - 1}}$$

De nuevo, puede formar el estadístico de prueba t o q reemplazando el término de error estándar (común) por el término de error individualizado anterior, y usando df 'en lugar del error df, para sus grados de libertad.

**CAPÍTULO IV.**  
**PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**



#### 4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS DATOS

Luego de recabada la información, procederemos a realizar el análisis descriptivo de los mismos, y la presentación de la información, mediante la elaboración de tablas y gráficas.

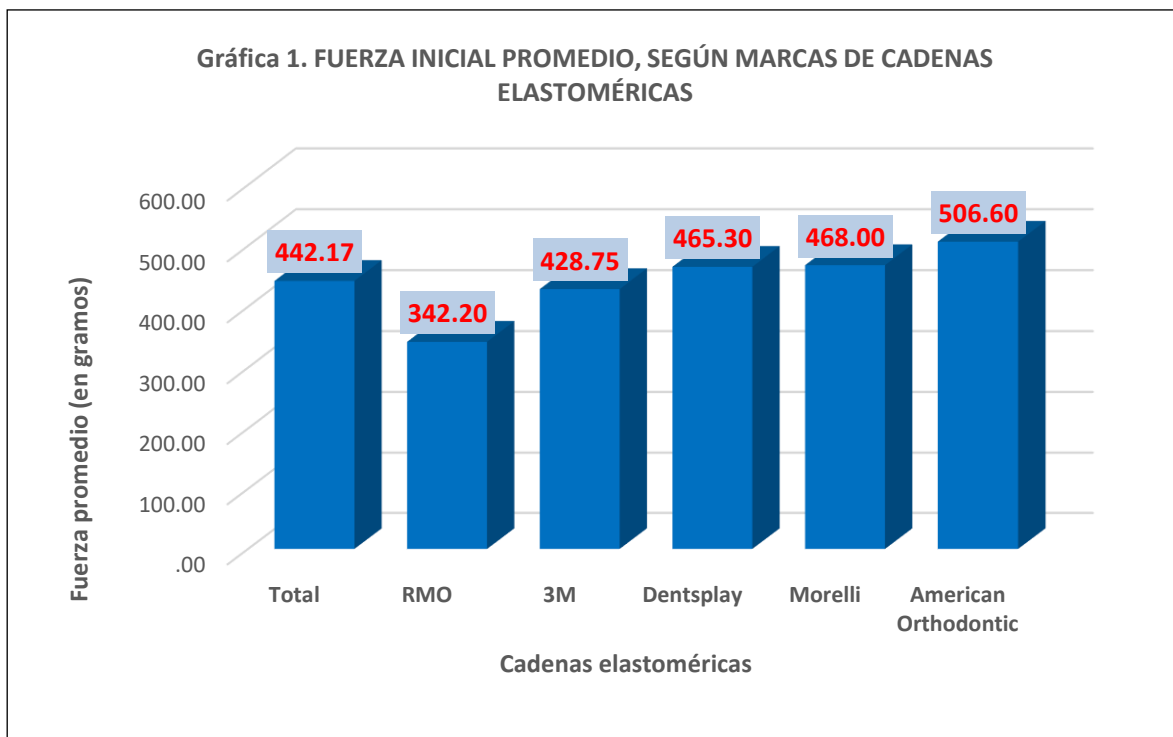
**Tabla 4.1. MEDIDAS DESCRIPTIVAS DE LA FUERZA INICIAL DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS, SEGÚN MARCA**

Marca de cadenas elastoméricas	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
3M	20	428.7500	26.03616	5.82186	416.5647	440.9353	397.00	485.00
Morelli	20	468.0000	37.47841	8.38043	450.4596	485.5404	404.00	568.00
RMO	20	342.2000	24.11726	5.39278	330.9128	353.4872	301.00	392.00
Dentsply	20	465.3000	49.18611	10.99835	442.2802	488.3198	399.00	583.00
American Orthodontic	20	506.6000	21.62941	4.83648	496.4771	516.7229	473.00	550.00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>442.1700</b>	<b>64.82487</b>	<b>6.48249</b>	<b>429.3073</b>	<b>455.0327</b>	<b>301.00</b>	<b>583.00</b>

Se realizó un total de 100 mediciones de la fuerza inicial de las cadenas elastoméricas en medio seco, las cuales fueron distribuidas entre las cinco diferentes cadenas elastoméricas, objeto de estudio, lo que dio como resultado, una muestra de veinte mediciones de la fuerza inicial para cada una de las cinco marcas estudiadas.

La fuerza inicial promedio, para las cinco marcas de cadenas elastoméricas fue de 442.17 gramos, con un mínimo de 301.00 gramos y un máximo de 583.00 gramos y una desviación típica de 64.82. Al diferenciar, según marca de cadenas elastoméricas podemos destacar que la marca American orthodontic, registró la mayor fuerza inicial con 506.6 gramos, con un mínimo de 473.0 gramos y un máximo de 550.0 gramos y una desviación estándar de 21.62, lo que sugiere un intervalo de confianza al 95% para el valor

verdadero de la media entre 496.47 y 516.72 gramos. Le sigue en orden de importancia, la marca Dentsply que registró una fuerza inicial promedio de 465.00 gramos, con un mínimo de 399.00 gramos y un máximo 583.00 gramos y con una desviación estándar de 49.19, lo que permite el cálculo del intervalo de confianza al 95% para el verdadero valor de la media estimado entre 442.28 y 488.32 gramos.



El tercer lugar, lo ocupa la marca Morelli con una fuerza inicial promedio de 468.00 gramos, un máximo de 568.00 gramos y un mínimo de 404.00 gramos y una desviación estándar de 37.47, lo que permite calcular un intervalo de confianza del 95% de confianza para el verdadero valor de la media, el cual se encuentra entre los 450.46 y 485.54 gramos.

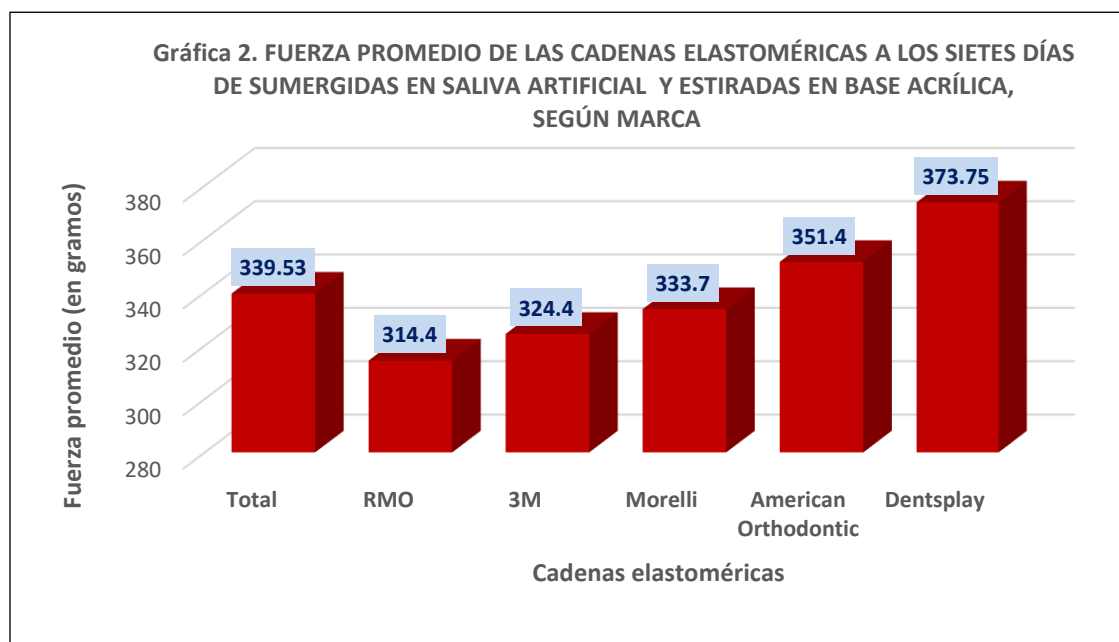
En el cuarto lugar, se encuentra la marca de cadena elastoméricas 3M, la cual registró una fuerza inicial promedio de 428.75 gramos, con un mínimo de 397.00 gramos y un máximo 485.00 gramos y una desviación estándar de 26.04, lo que sugiere un intervalo de confianza del 95% para el verdadero valor de la media comprendido entre 416.56 y 440.93 gramos.

En último lugar, se encuentra la marca de cadena elastomérica RMO, la cual registró una fuerza inicial promedio de 342.20 gramos, con un mínimo de 301.00 gramos y un máximo 392.00 gramos y una desviación estándar de 24.12, lo que sugiere un intervalo de confianza del 95%, para el verdadero valor de la media comprendido entre 330.91 y 353.49 gramos. Cabe señalar, que esta fue la única marca que registró un promedio de fuerza inicial por debajo del general.

**Tabla 4.2. MEDIDAS DESCRIPTIVAS DE LA FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADA EN BASE DE ACRÍLICA A LOS SIETE DÍAS, SEGÚN MARCA**

Marca de cadenas elastoméricas	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
3M	20	324.4000	18.23357	4.07715	315.8664	332.9336	297.00	359.00
Morelli	20	333.7000	19.37741	4.33292	324.6311	342.7689	300.00	361.00
RMO	20	314.4000	23.34050	5.21909	303.4763	325.3237	267.00	367.00
Dentsply	20	373.7500	31.47911	7.03894	359.0173	388.4827	310.00	428.00
American Orthodontic	20	351.4000	25.43185	5.68673	339.4975	363.3025	304.00	387.00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>339.5300</b>	<b>31.62995</b>	<b>3.16299</b>	<b>333.2539</b>	<b>345.8061</b>	<b>267.00</b>	<b>428.00</b>

Luego de colocadas las cadenas elastoméricas en una base acrílica, lo que permitió su estiramiento y sumergidas en saliva artificial simulando un medio húmedo y la presión que ejercen los dientes a las cadenas en una persona, se procedió a medir la fuerza de las cadenas elastoméricas a los siete días de su inmersión, encontrándose que la marca Dentsply registró la mayor fuerza a los siete días con 373.75 gramos, con un mínimo de 310.00 gramos y un máximo 428.00 gramos y con una desviación estándar de 31.48, lo que permite el cálculo del intervalo de confianza al 95%, para el verdadero valor de la media estimado entre 359.02 y 388.48 gramos. Le siguen la marca American Orthodontic que registró una fuerza promedio a los siete días de 351.40 gramos, con un mínimo de 304.00 gramos y un máximo de 387.00 gramos y una desviación estándar de 25.43, lo que sugiere un intervalo de confianza al 95%, para el valor verdadero de la media entre 339.50 y 363.30 gramos; la marca



Morelli ocupa el tercer lugar, con una fuerza promedio a los siete días de 333.70 gramos, un máximo de 361.00 gramos y un mínimo de 300.00 gramos y una desviación estándar de 19.38, lo que permite calcular un intervalo de confianza del 95% de confianza para el verdadero valor de la media, el cual se encuentra entre los 324.79 y 342.77 gramos.

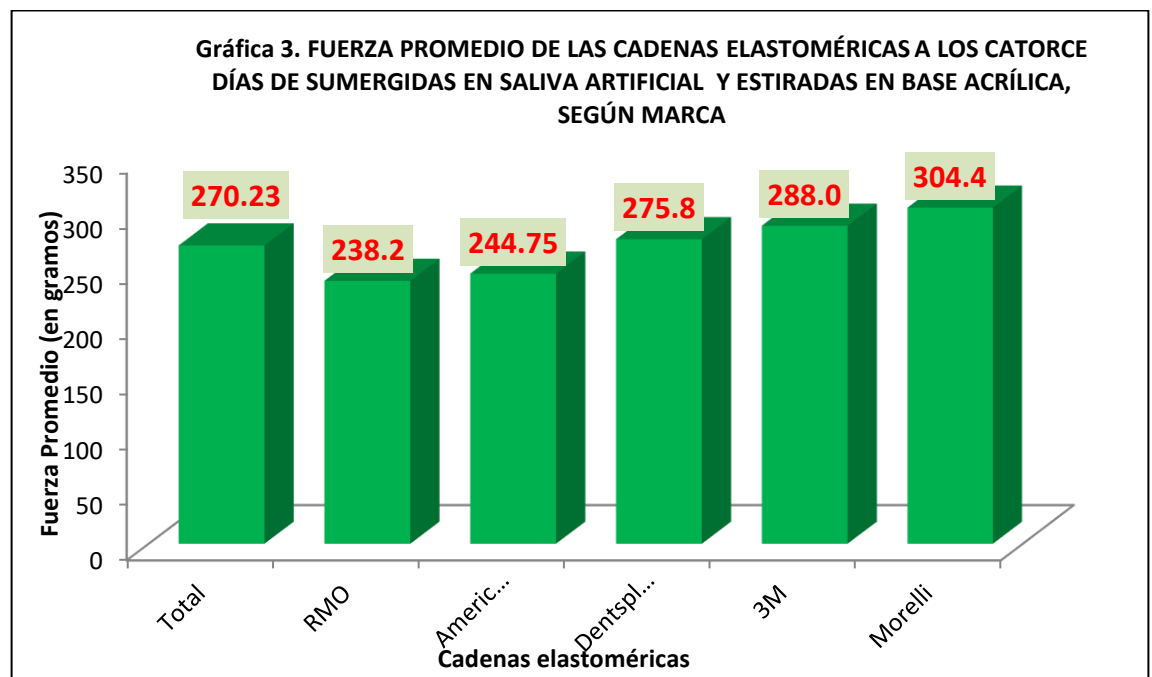
En el cuarto lugar, se encuentra la marca de cadena elastoméricas 3M, la cual registró una fuerza promedio a los siete días de 324.40 gramos, con un mínimo de 297.00 gramos y un máximo 485.00 gramos y una desviación estándar de 18.23, lo que sugiere un intervalo de confianza del 95% para el verdadero valor de la media comprendido entre 315.87 y 332.93 gramos

En último lugar, se encuentra la marca de cadena elastomérica RMO, la que registró una fuerza inicial promedio de 314.4 gramos, con un mínimo de 297.00 gramos y un máximo 359.00 gramos y una desviación estándar de 23.34, lo que sugiere un intervalo de confianza del 95% para el verdadero valor de la media comprendido entre 303.47 y 325.32 gramos. Cabe señalar, que esta fue la única marca que registró una fuerza a los siete días por debajo del valor general.

**Tabla 4.3. MEDIDAS DESCRIPTIVAS DE LA FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADA EN BASE ACRÍLICA A LOS CATORCE DÍAS, SEGÚN MARCA**

Marca de cadenas elastoméricas	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
3M	20	288.0000	13.61114	3.04354	281.6298	294.3702	263.00	315.00
Morelli	20	304.4000	31.34259	7.00842	289.7312	319.0688	225.00	350.00
RMO	20	238.2000	13.85489	3.09805	231.7157	244.6843	211.00	270.00
Dentsplay	20	275.8000	26.07197	5.82987	263.5979	288.0021	232.00	319.00
American Orthodontic	20	244.7500	18.22051	4.07423	236.2225	253.2775	220.00	287.00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>270.2300</b>	<b>33.15798</b>	<b>3.31580</b>	<b>263.6507</b>	<b>276.8093</b>	<b>211.00</b>	<b>350.00</b>

A los catorce días de colocadas las cadenas elastoméricas en una base acrílica y sumergidas en saliva artificial se procedió a medir la fuerza de las cadenas elastoméricas a los catorce días de su inmersión encontrándose que la marca Morelli registró una fuerza promedio de 304.40 gramos, con un mínimo de 250.00 gramos y un máximo 350,00 gramos y con una desviación estándar de 31.34, lo que permite el cálculo del intervalo de confianza al 95%, para el verdadero valor de la media estimado entre 289.7 y 319.1 gramos.



La marca 3M, ocupa el segundo lugar, con una fuerza promedio a los catorce días de 288.0 gramos, un máximo de 315.00 gramos y un mínimo de 263.00 gramos y una desviación estándar de 13.61, lo que permite calcular un intervalo de confianza del 95% de confianza para el verdadero valor de la media, el cual se encuentra entre los 281.6 y 294.4 gramos.

La marca Dentsply registró una fuerza promedio a los catorce días de 275.8 gramos, con un mínimo de 232.00 gramos y un máximo de 319.00 gramos y una desviación estándar de 26.7, lo que sugiere un intervalo de confianza al 95% para el valor verdadero de la media entre 263.6 y 319.0 gramos.

En el cuarto lugar, se encuentra la marca de cadena elastomérica American orthodontic, la cual registró una fuerza promedio a los catorce días de

244.75 gramos, con un mínimo de 220.00 gramos y un máximo 287.00 gramos y una desviación estándar de 18.22, lo que sugiere un intervalo de confianza del 95%, para el verdadero valor de la media, comprendido entre 236.22 y 253.28 gramos.

En último lugar, se encuentra la marca de cadena elastomérica RMO, la cual registró una fuerza promedio de 238.22 gramos, con un mínimo de 220.00 gramos y un máximo 270.00 gramos y una desviación estándar de 13.85, lo que sugiere un intervalo de confianza del 95%, para el verdadero valor de la media, comprendido entre 231.7 y 244.7 gramos.

**Tabla 4. MEDIDAS DESCRIPTIVAS DE LA FUERZA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS SUMERGIDAS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ESTIRADA EN BASE DE ACRÍLICA A LOS 28 DÍAS, SEGÚN MARCA**

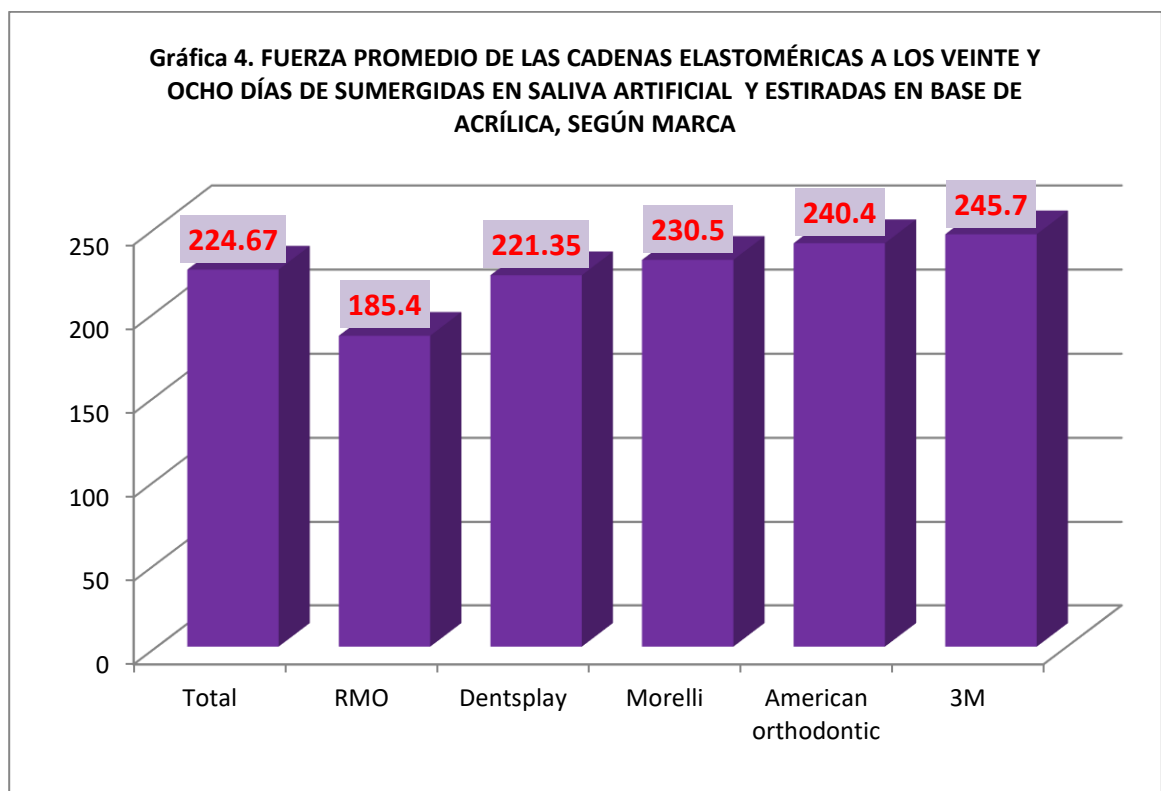
Marca de la cadena elastoméricas	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
3M	20	245.7000	14.92120	3.33648	238.7167	252.6833	222.00	268.00
Morelli	20	230.5000	17.55443	3.92529	222.2843	238.7157	197.00	255.00
RMO	20	185.4000	16.99040	3.79917	177.4482	193.3518	152.00	215.00
Dentsplay	20	221.3500	16.10909	3.60210	213.8107	228.8893	190.00	248.00
American orthodontic	20	240.4000	18.10903	4.04930	231.9247	248.8753	212.00	283.00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>224.6700</b>	<b>27.01816</b>	<b>2.70182</b>	<b>219.3090</b>	<b>230.0310</b>	<b>152.00</b>	<b>283.00</b>

A los veintiocho días de colocadas las cadenas elastoméricas en la base de acrílico y sumergidas en saliva artificial, simulando un medio húmedo, se procedió a medir la fuerza de las cadenas elastoméricas a los veintiocho días



de su inmersión encontrándose que la marca 3M registró una fuerza promedio de 245.70 gramos, con un mínimo de 222.00 gramos y un máximo 268.00 gramos y con una desviación estándar de 14,92, lo que permite el cálculo del intervalo de confianza al 95%, para el verdadero valor de la media estimado entre 238.71 y 252.68 gramos.

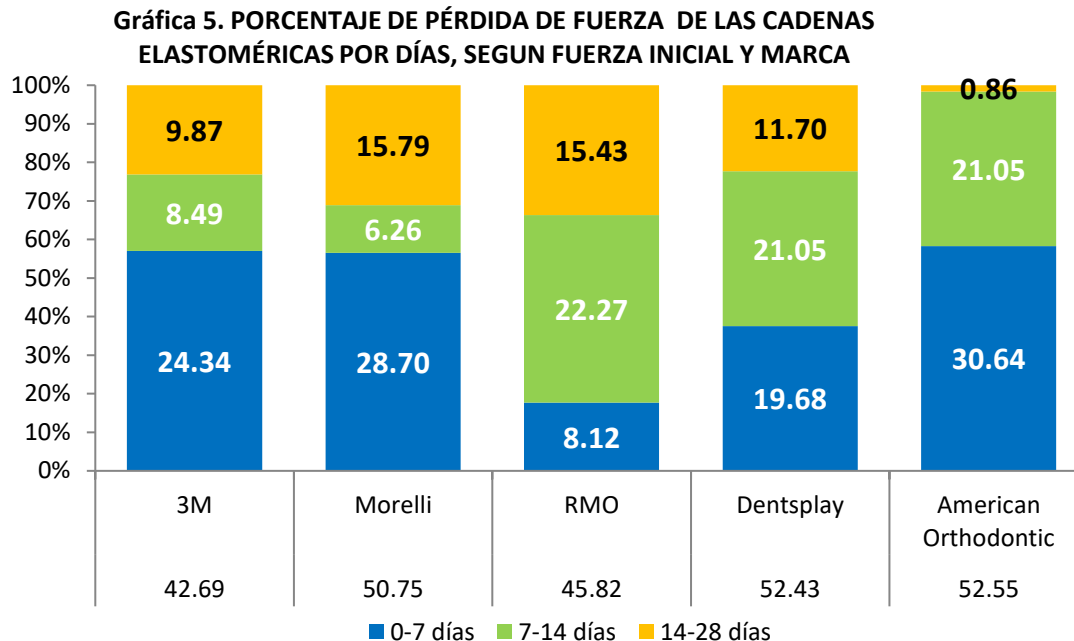
Le sigue en orden de importancia la marca American orthodontic que registró una fuerza promedio de 240.40 gramos, con un mínimo de 212.00 y un máximo de 283.00 gramos y con una desviación estándar de 18.11, lo que permite encontrar un intervalo de confianza del 95%, para el verdadero valor de la media de 231.92 y 248.88 gramos.



La marca Morelli registró una fuerza promedio a los veinte y ocho días de 230.5 gramos, con un mínimo de 197.00 gramos y un máximo de 255.00 gramos y una desviación estándar de 17.55, lo que sugiere un intervalo de confianza al 95%, para el valor verdadero de la media entre 222.28 y 238.71 gramos.

En el cuarto lugar, se encuentra la marca de cadena elastomérica Dentsply, la cual registró una fuerza promedio de 221.35 gramos, con un mínimo de 190.00 gramos y un máximo 248.00 gramos y una desviación estándar de 16.11, lo que sugiere un intervalo de confianza del 95%, para el verdadero valor de la media comprendido entre 213.81 y 228.89 gramos.

En el último lugar, se encuentra la marca RMO, la cual registró una fuerza promedio de 185.4 gramos, con un mínimo de 152.00 gramos y un máximo 215.00 gramos y una desviación estándar de 16.99, lo que sugiere un intervalo de confianza del 95%, para el verdadero valor de la media comprendido entre 177.44 y 193.36 gramos.

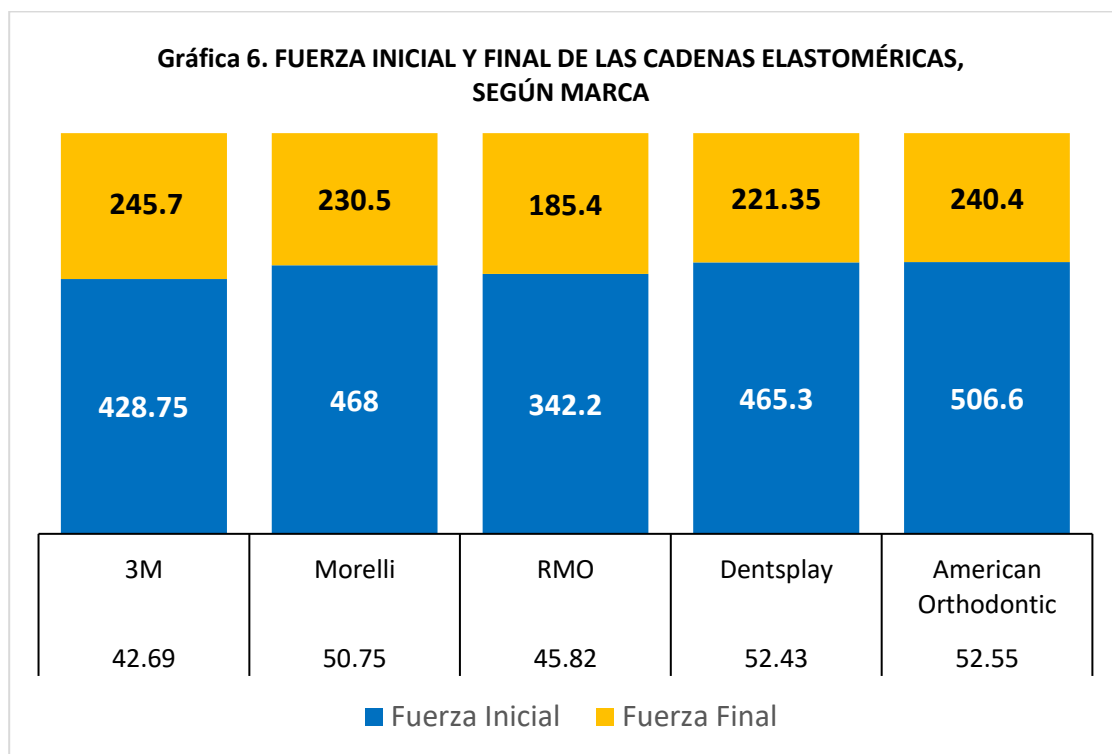


En la gráfica 5, se observa la pérdida de fuerza, según los días en que las cadenas elastoméricas fueron sumergidas en saliva artificial y estirada en una base acrílica, respecto a la fuerza inicial reportada. Encontrándose, que en el intervalo de 0 a 7 días, la marca American Orthodontic, perdió el mayor porcentaje de fuerza inicial con un 30.64%, seguido de las marcas Morelli, con un 28.70%, 3M con un 24.34%, Dentsply, con un 19.68%, mientras que la marca RMO, registró la menor pérdida de fuerza con un 8.12%. Cabe destacar, sin embargo, que la marca RMO registró una fuerza inicial baja comparada con el resto de las cadenas elastoméricas, lo que repercutió negativamente en la fuerza final obtenida.

En el intervalo de 7 a 14 días, la menor pérdida de fuerza la registró la marca Morelli con un 6.26%, seguida de la marca 3M con un 8.49%, mientras que las marcas American Orthodontic y Dentsply registraron ambas un 21.05%,

de pérdida de fuerza en dicho intervalo y en último lugar, se encuentra, la marca RMO con una pérdida de 22.27% de su fuerza.

En la etapa final del experimento en el intervalo de 14 a 28 días, la marca American Orthodontic, registró la menor pérdida de fuerza con un 0.86%, seguida de las marcas 3M, con un 9.87%, Dentsply, con un 11.70%, RMO, con un 15.43% y Morelli, con un 15.79%.



En la gráfica 6, se observa la fuerza inicial y la fuerza final obtenida al terminar el experimento que fue a los 28 días. Encontrándose que la marca 3M, registró una fuerza inicial de 428.75 gramos y terminó con una fuerza final de 245.7 gramos, la mayor obtenida en el experimento, lo que representó una pérdida de fuerza de 42.69%.

El segundo lugar, lo ocupa la marca American Orthodontic que registró una fuerza inicial de 506.6 gramos y una fuerza final de 240.4 gramos con una pérdida de fuerza de 52.55%. Cabe destacar, que para esta marca el hecho de registrar una fuerza inicial más alta en este estudio, permitió al finalizar el experimento que la fuerza se conservara en casi similar magnitud que la marca 3M.

Le sigue la marca Morelli, que registró una fuerza inicial de 468.0 gramos y finalizó el experimento con una fuerza de 230.5 gramos lo que representó una pérdida de la misma de 50.75%.

El cuarto lugar, lo ocupa la marca Dentsply que registró una fuerza inicial de 465.3 gramos y terminó con una fuerza final de 221.5 gramos, lo que significó una pérdida de 52.43% de su fuerza.

En último lugar, se encuentra la marca RMO que inició con una fuerza inicial de 342.2 gramos y una fuerza final de 185.4 gramos la más baja registrada. Se destaca que esta marca a pesar de que registra la segunda menor pérdida de fuerza registrada en el experimento con un 45.82%, registró la menor fuerza final, debido a que, la fuerza inicial fue, también, la más baja.

Podemos concluir que, a medida que la fuerza inicial sea mayor, permite que, en la última etapa del experimento las cadenas elastoméricas sean homogéneas, en cuanto a su fuerza final, a pesar de la magnitud de la fuerza que hayan perdido.

## **4.2. COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS**

Una vez, realizado el análisis descriptivo de la información, se procedió a efectuar la comprobación de la hipótesis planteada en este estudio. Para ello, se realizó un análisis de varianza de un factor con el fin de comprobar si hubo diferencias significativas en las medias de la fuerza en gramos obtenidas por las cinco marcas objeto de estudios. Luego, se realizaron las comparaciones múltiples para encontrar diferencias significativas entre las diferentes marcas.

### **Hipótesis 1:**

Con el fin de comprobar si existen diferencias significativas entre las medias de la fuerza inicial, entre las cinco marcas de cadenas elastoméricas objeto de estudio planteamos la siguiente hipótesis de investigación:

H<sub>1</sub>: Al menos unas de las medias de la fuerza inicial de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO es diferente.

Para corroborar la hipótesis planteada se utilizó un Anova de un solo factor. Este análisis de varianza exige que se cumplan los siguientes supuestos:

- a) La variable cuantitativa debe distribuirse según la Ley Normal en cada uno de los grupos que se comparan (criterio de normalidad”).
- b) Las varianzas de la distribución de la variable cuantitativa en las poblaciones de las que provienen los grupos que se comparan deben ser homogéneas (criterio de homocedasticidad).

**Tabla 5.**  
**Pruebas de normalidad de las cadenas elastoméricas para la fuerza iniciales**

Cadenas		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Inicial	3M	.159	20	.200 <sup>*</sup>	.925	20	.124
	Morelli	.158	20	.200 <sup>*</sup>	.957	20	.489
	RMO	.146	20	.200 <sup>*</sup>	.961	20	.572
	Dentsplay	.157	20	.200 <sup>*</sup>	.937	20	.211
	American orthodontic	.116	20	.200 <sup>*</sup>	.959	20	.518

a. Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Con respecto a los test de normalidad, no se encuentra significación estadística ( $p > 0,05$ ) en los cinco de los contrastes de hipótesis, lo que lleva a asumir la normalidad en la distribución de la fuerza inicial promedio obtenida en la población de la que provienen los individuos de la muestra.

**Tabla 6. Prueba de homocedasticidad de varianzas para la fuerza inicial de las cadenas elastoméricas**

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3.419	4	95	.012

Ya que, el p-valor es menor que 0.05, se debe rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas y concluir que, en las poblaciones definidas por las cinco marcas de cadenas elastoméricas, las varianzas de la fuerza inicial no son iguales. Luego entonces, no se cumple con el criterio de homocedasticidad.

Como uno de los supuestos no se cumple no se utilizó el estadístico F, en su lugar, se utilizaron unas pruebas más robustas como lo es la de Welch,

que es una buena alternativa al estadístico F, cuando no es posible asumir que las varianzas poblacionales son iguales.

**Tabla 7. Pruebas robustas de igualdad de las medias para la fuerza inicial de las cadenas elastoméricas**

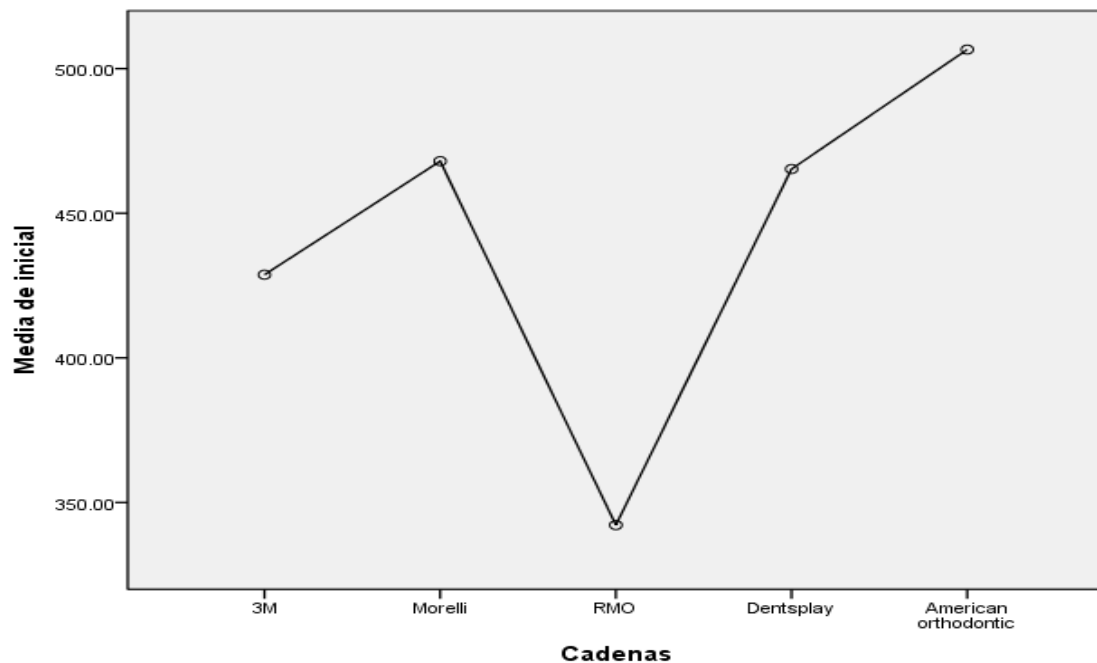
Inicial	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	129.047	4	46.785	.000

a. Distribuidos en F asintóticamente.

Dado que, el p-valor es menor que 0.05 se puede rechazar la hipótesis de igualdad de medias y concluir que la fuerza inicial promedio de las poblaciones comparadas no son iguales. Por tanto, las fuerzas iniciales difieren según las marcas de cadenas elastoméricas.

El gráfico de las medias es el siguiente:

**Gráfica 7. PROMEDIO DE LAS FUERZAS INICIALES, SEGÚN MARCAS DE CADENAS ELASTOMÉRICAS: FEBRERO-JULIO DE 2018**





**Tabla 8. Comparaciones múltiples fuerza inicial de las cadenas elastoméricas**

Variable dependiente: inicial

			Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I) Cadenas	(J) Cadenas	Límite inferior				Límite superior	
Games- Howell	3M	Morelli	-39.25000*	10.20420	.004	-68.6394	-9.8606
		RMO	86.55000*	7.93575	.000	63.8230	109.2770
		Dentsply	-36.55000*	12.44419	.047	-72.7332	-.3668
		American orthodontic	-77.85000*	7.56873	.000	-99.5553	-56.1447
	Morelli	3M	39.25000*	10.20420	.004	9.8606	68.6394
		RMO	125.80000*	9.96563	.000	97.0276	154.5724
		Dentsply	2.70000	13.82734	1.000	-37.0247	42.4247
		American orthodontic	-38.60000*	9.67591	.003	-66.6435	-10.5565
	RMO	3M	-86.55000*	7.93575	.000	-109.2770	-63.8230
		Morelli	-125.80000*	9.96563	.000	-154.5724	-97.0276
		Dentsply	-123.10000*	12.24932	.000	-158.8195	-87.3805
		American orthodontic	-164.40000*	7.24387	.000	-185.1515	-143.6485
	Dentsplay	3M	36.55000*	12.44419	.047	.3668	72.7332
		Morelli	-2.70000	13.82734	1.000	-42.4247	37.0247
		RMO	123.10000*	12.24932	.000	87.3805	158.8195
		American orthodontic	-41.30000*	12.01479	.016	-76.4767	-6.1233
	American orthodontic	3M	77.85000*	7.56873	.000	56.1447	99.5553
		Morelli	38.60000*	9.67591	.003	10.5565	66.6435
		RMO	164.40000*	7.24387	.000	143.6485	185.1515
		Dentsply	41.30000*	12.01479	.016	6.1233	76.4767

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

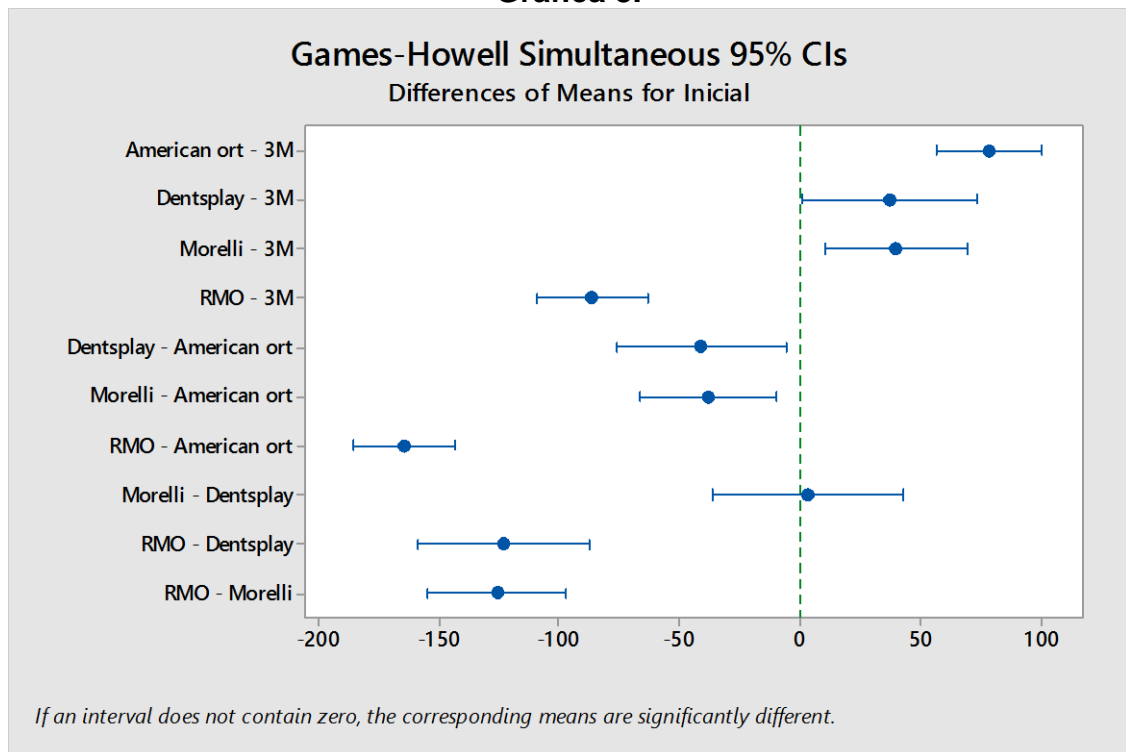
El estadístico F del ANOVA, únicamente, permite contrastar la hipótesis de que los promedios comparados son iguales. Rechazar esta hipótesis significa que las medias poblacionales comparadas no son iguales, pero no permite saber qué media difiere de la otra. Para ello, se debe utilizar un tipo particular de

contrastes denominados comparaciones múltiples *post hoc* o comparaciones a *posteriori*. (Ver tabla 8).

Los grupos cuyas medias difieren significativamente al nivel de La significación establecida (0.05 por defecto) están marcados con un asterisco o sombreado de amarillo. Como no se pueden considerar las varianzas poblacionales iguales, Se tomó la solución del método Games-Howell. Por tanto, los promedios comparados se diferencian, significativamente, excepto en un par: La marca American Orthodontic tiene una fuerza inicial promedio mayor a las marcas 3M, Morelli, RMO y Dentsply. Por su parte, la marca Dentsply que tiene una fuerza inicial promedio superior a 3M y RMO y menor a Morelli y American Orthodontic, mientras que la marca 3M posee una fuerza inicial promedio mayor que la marca RMO y es significativamente inferior a las restantes American Orthodontic, Dentsply y Morelli.

La marca Morelli, posee una fuerza inicial promedio mayor que la Marca RMO, 3M y Dentsply e inferior a American Orthodontic. Por su parte, la marca RMO, tiene una fuerza inicial promedio significativamente diferente y menor al resto de todas las marcas analizadas.

**Gráfica 8.**



En la gráfica 8, se puede observar que los intervalos que contienen al cero no son significativamente diferentes. Por ello, se verifica lo de la tabla anterior donde para la cadena Morelli y Dentsply el intervalo de confianza de la diferencia de sus medias incluye al cero, se puede afirmar que ambas cadenas elásticas son similares.

### Comparacion de pares Games-Howell

Agrupó la información utilizando el método Games-Howell y un 95% confianza:

Cadenas	N	Mean	Grouping
American orthodontic	20	506.60	A
Morelli	20	468.00	B
Dentsply	20	465.3	B
3M	20	428.75	C
RMO	20	342.20	D

Los pares que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Al formar los grupos homogéneos según la comparación de Games-Howell, como se puede observar en la página anterior, donde se encontró que American Orthodontic, presenta la mayor fuerza inicial y por ello se ubica sola en el grupo A, lo cual evidencia que la media de su fuerza inicial es la mayor y significativamente diferente al resto de las cadenas elastoméricas. La cadena elastomérica Morelli y Dentsply, se encuentran en el grupo B, con respecto a su fuerza inicial son similares entre ellas y ocupan el segundo lugar en cuanto a la magnitud de la fuerza inicial, mientras que la marca 3M, se ubica sola en el grupo 3 y RMO en el grupo D. Esto quiere decir que la marca con la menor fuerza inicial fue, RMO.

### **Hipótesis 2:**

Con el propósito de establecer diferencias en la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas una vez sumergidas en saliva artificial y colocada en una base de acrílico se planteó la siguiente hipótesis de investigación:

Ho: La media de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de siete días sumergidas en saliva artificial son iguales.

H<sub>1</sub>: Al menos una de las medias de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de siete días sumergidas en saliva artificial es diferente.

A continuación, se procedió a comprobar los supuestos de normalidad y de homocedasticidad de la población en referencia.

**Tabla 9.**

**Pruebas de normalidad de las cadenas elastoméricas a los 7 días de sumergidas en saliva artificial y estirada en la base acrílica**

Cadenas		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
7 días	3M	.208	20	.024	.923	20	.114
	Morelli	.150	20	.200*	.934	20	.181
	RMO	.145	20	.200*	.969	20	.731
	Dentsply	.136	20	.200*	.961	20	.563
	American orthodontic	.152	20	.200*	.947	20	.329

a. Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Con respecto a los test de normalidad, no se encontró significación estadística ( $p > 0,05$ ) en los cuatro de los contrastes de hipótesis, con excepción de 3M, aunque en el test de Shapiro-Wilk, sí resultó no significativo, lo que lleva a asumir la normalidad en la distribución de la fuerza promedio obtenida a los siete días en la población de la que provienen los individuos de la muestra.

A continuación, comprobaremos el supuesto de homocedasticidad:

**Tabla 10. Prueba de homocedasticidad de varianzas de la fuerza de las cadenas elastoméricas a los 7 días de sumergidas en saliva artificial y estiradas en una base acrílica**

7 días

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1.568	4	95	.189

Puesto que el p-valor es mayor que 0.05, se debe aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas y concluir que, en las poblaciones definidas por las cinco

marcas de cadenas elastoméricas, las varianzas de la fuerza a los 7 días de sumergidas en saliva artificial y estirada en la base son iguales. Comprobado los supuestos de normalidad e igualdad de varianza, se procedió a realizar el ANOVA de un factor.

**Tabla 11. ANOVA de la fuerza de las cadenas elastoméricas sumergidas en saliva artificial y estirada en la base acrílica a los 7 días**

7 días

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	44126.560	4	11031.640	19.083	.000
Intra-grupos	54918.350	95	578.088		
Total	99044.910	99			

Puesto que el p-valor es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis de igualdad de medias y concluir que la pérdida de fuerza promedio de las poblaciones comparadas no son iguales. Por tanto, la pérdida de fuerza de las cadenas elásticas a los siete días sumergidas en saliva artificial y estirada en la base de acrílica difieren según la marca de cadenas elastoméricas.

Luego, se realizaron las comparaciones múltiples para encontrar diferencias significativas entre las medias de las cadenas elastoméricas. En la Tabla 12, se puede observar la salida de las comparaciones múltiples obtenidas del programa SPSS, encontrándose que la marca Dentsply a los siete días de sumergida en saliva artificial y estirada en la base de acrílica presenta una fuerza media superior a las marcas 3M, Morelli y RMO y American Orthodontic, lo cual se constata en la gráfica 9, donde los intervalos que contienen al cero no son, significativamente, diferentes.

**Tabla 12. Comparaciones múltiples de la media de las cadenas elastoméricas a los siete días.**

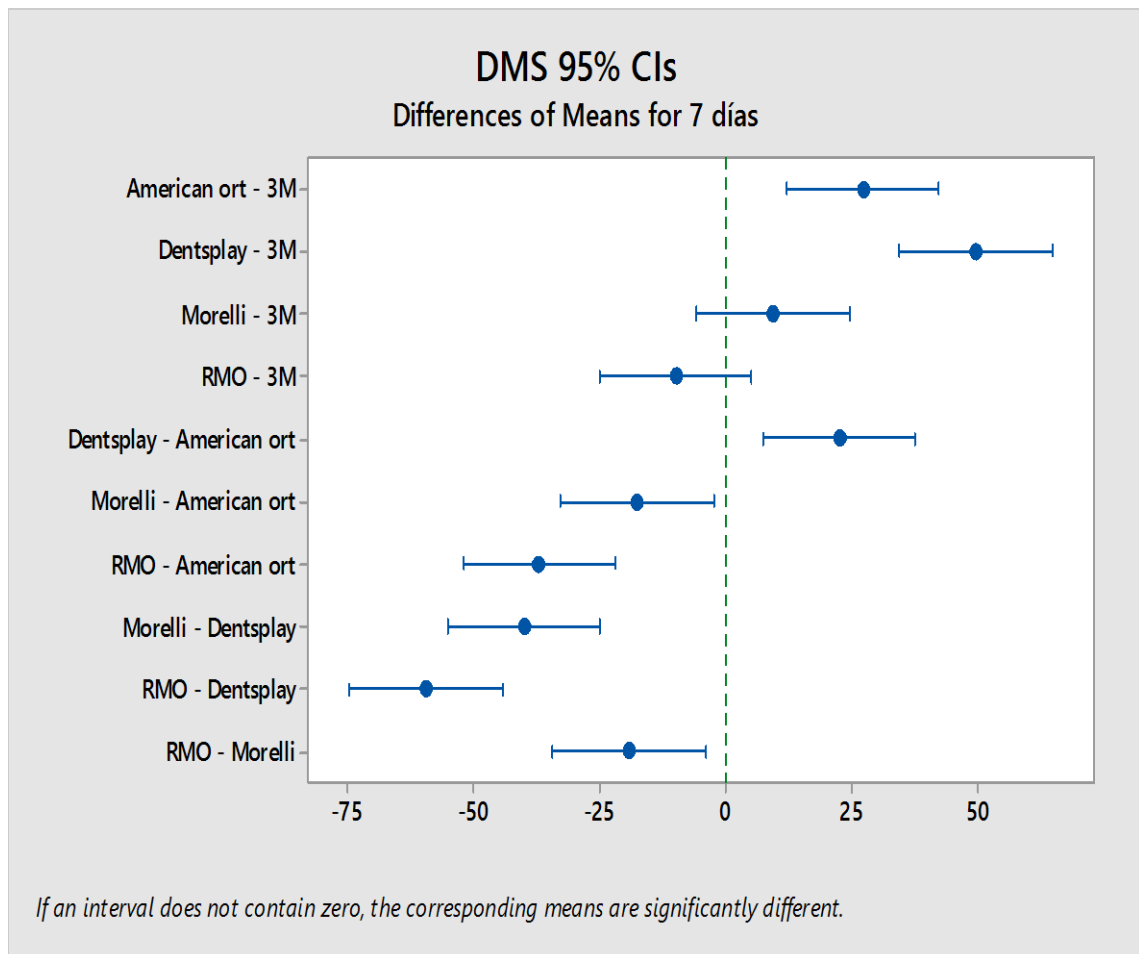
7 días

DMS

(I) Cadenas	(J) Cadenas	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
3M	Morelli	-9.30000	7.60321	.224	-24.3943	5.7943
	RMO	10.00000	7.60321	.192	-5.0943	25.0943
	Dentsply	-49.35000*	7.60321	.000	-64.4443	-34.2557
	American orthodontic	-27.00000*	7.60321	.001	-42.0943	-11.9057
Morelli	3M	9.30000	7.60321	.224	-5.7943	24.3943
	RMO	19.30000*	7.60321	.013	4.2057	34.3943
	Dentsply	-40.05000*	7.60321	.000	-55.1443	-24.9557
	American orthodontic	-17.70000*	7.60321	.022	-32.7943	-2.6057
RMO	3M	-10.00000	7.60321	.192	-25.0943	5.0943
	Morelli	-19.30000*	7.60321	.013	-34.3943	-4.2057
	Dentsply	-59.35000*	7.60321	.000	-74.4443	-44.2557
	American orthodontic	-37.00000*	7.60321	.000	-52.0943	-21.9057
Dentsplay	3M	49.35000*	7.60321	.000	34.2557	64.4443
	Morelli	40.05000*	7.60321	.000	24.9557	55.1443
	RMO	59.35000*	7.60321	.000	44.2557	74.4443
	American orthodontic	22.35000*	7.60321	.004	7.2557	37.4443
American orthodontic	3M	27.00000*	7.60321	.001	11.9057	42.0943
	Morelli	17.70000*	7.60321	.022	2.6057	32.7943
	RMO	37.00000*	7.60321	.000	21.9057	52.0943
	Dentsply	-22.35000*	7.60321	.004	-37.4443	-7.2557

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

**Gráfica 9.**



### Comparación de pares Fisher

Agrupación de información mediante el método Fisher LSD y 95% de confianza:

Cadenas	N	Mean	Grouping
Dentsply	20	373.75	A
American orthodontic	20	351.40	B
Morelli	20	333.70	C
3M	20	324.40	C D
RMO	20	314.40	D

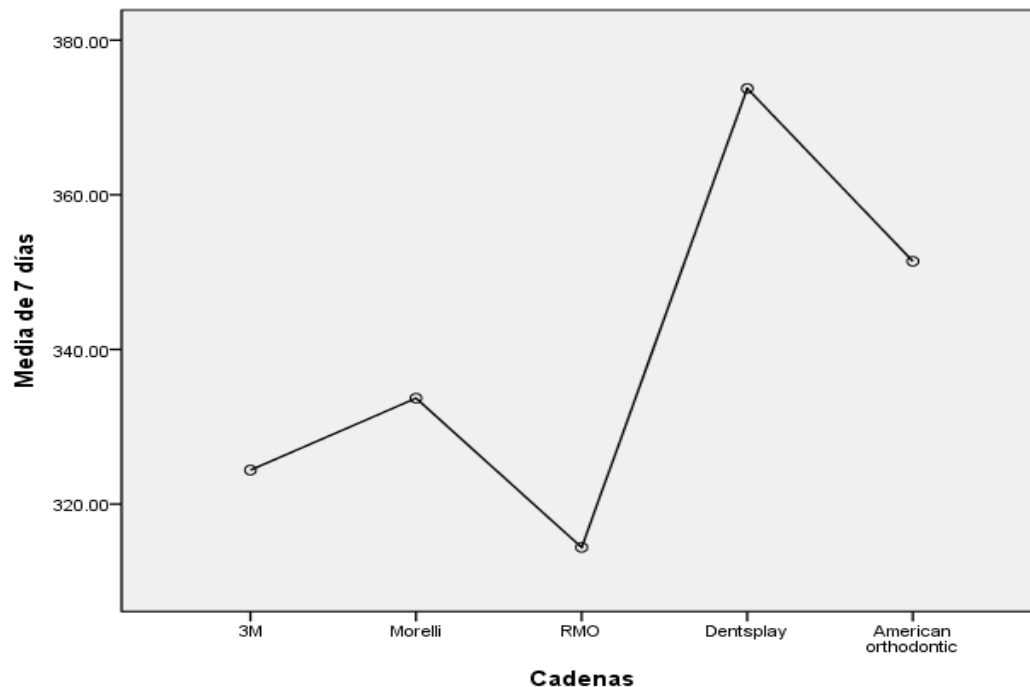
Los medios que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, la prueba Fisher o DMS, muestra los grupos homogéneos a los que pertenecen las cadenas elásticas, se observó que una vez estiradas las cadenas a los siete días, la marca Dentsply se ubica sola en el grupo A, que



representa el que obtiene la mayor fuerza a los siete días en comparación con el resto; en el grupo B, se encuentra la marca American Orthodontic, con la segunda fuerza mayor registrada a lo siete días, el grupo C en orden de magnitud de su fuerza, lo conforman Morelli y 3M, mientras que el grupo D, está integrado por 3M y RMO puesto que la marca 3M no resultó significativamente a la marca RMO, pero si es similar a Morelli.

**Gráfica 10. PROMEDIO DE LAS FUERZAS A LOS 7 DÍAS, SEGÚN MARCA DE CADENAS ELASTOMÉRICAS**



### **Hipótesis 3:**

Para establecer diferencias en las medias de la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas a los 14 días, se constato la siguiente hipótesis de investigación:

Ho: La media de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de catorce días sumergidas en saliva artificial son iguales.

H1: Al menos una de las medias de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de catorce días sumergidas en saliva artificial es diferente.

**Tabla 13. Pruebas de normalidad para la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas a los 14 días**

Cadenas		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
14 días	3M	.120	20	.200 <sup>*</sup>	.975	20	.846
	Morelli	.108	20	.200 <sup>*</sup>	.948	20	.341
	RMO	.091	20	.200 <sup>*</sup>	.978	20	.911
	Dentsply	.119	20	.200 <sup>*</sup>	.960	20	.553
	American orthodontic	.116	20	.200 <sup>*</sup>	.946	20	.313

a. Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Con respecto a los test de normalidad, no se encontró significación estadística ( $p > 0,05$ ) en los cinco de los contrastes de hipótesis, lo que lleva a asumir la normalidad en la distribución de la pérdida de fuerza promedio de las cadenas elastoméricas obtenida a los catorce días en la población de la que provienen los individuos de la muestra.

A continuación, se comprobó el supuesto de homocedasticidad:

**Tabla 14. Prueba de homocedasticidad de varianzas para la pérdida de fuerza a los 14 días de las cadenas elastoméricas**

14 días

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
4.913	4	95	.001

Puesto que el p-valor es menor que 0.05, se debe rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas y concluir que, en las poblaciones definidas por las cinco marcas de cadenas elásticas, las varianzas de la fuerza inicial no son iguales. Luego entonces, no se cumple con el criterio de homocedasticidad.

Como uno de los supuestos no se cumple, no se utilizó el estadístico F, en su lugar, se utilizaron unas pruebas más robustas como la de Welch, que es una buena alternativa al estadístico F, cuando no es posible asumir que las varianzas poblacionales son iguales.

**Tabla 15. Pruebas robustas de igualdad de las medias para la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas a los 14 días**

14 días

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	45.822	4	46.566	.000

a. Distribuidos en F asintóticamente.

Puesto que en ambos, el p-valor es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis de igualdad de medias y concluir que la fuerza promedio de las poblaciones comparadas no son iguales. Puesto que, el p-valor es menor que 0.05 debe rechazarse la hipótesis de igualdad de medias. Por tanto, la pérdida de fuerza a los 14 días difiere según las marcas de cadenas elastoméricas.

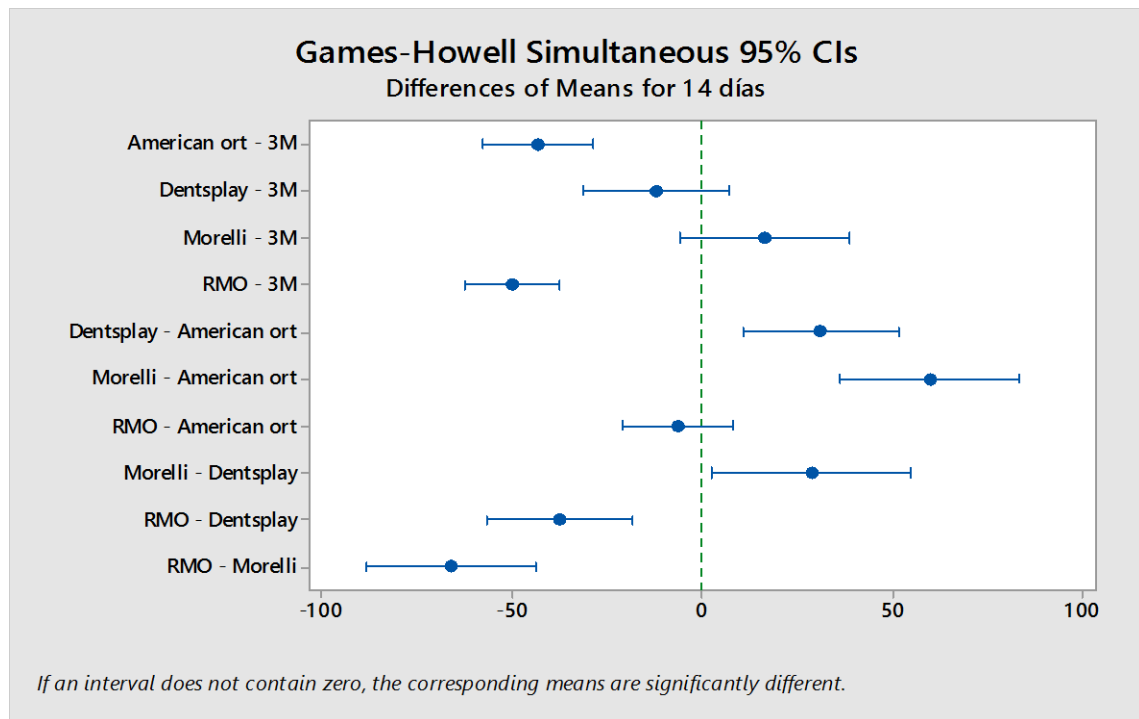
En la Tabla 16, en la parte inferior, se puede observar la salida de las comparaciones múltiples obtenidas del programa SPSS; encontrándose que la media de la fuerza a los catorce días de la marca Morelli, es superior a RMO, Dentsplay y American Orthodontic, pero, no, significativamente, diferente a la marca 3M. Por consiguiente, la Marca 3M, tiene una media de fuerza superior a RMO y American Orthodontic, pero similar a Dentsply y Morelli.

**Tabla 16. Comparaciones múltiples de las medias de la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas a los 14 días**

			Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
(I) Cadenas	(J) Cadenas						
Games-Howell	3M	Morelli	-16.40000	7.64075	.232	-38.7805	5.9805
		RMO	49.80000*	4.34293	.000	37.3657	62.2343
		Dentsply	12.20000	6.57651	.363	-6.9321	31.3321
		American orthodontic	43.25000*	5.08552	.000	28.6326	57.8674
	Morelli	3M	16.40000	7.64075	.232	-5.9805	38.7805
		RMO	66.20000*	7.66262	.000	43.7698	88.6302
		Dentsply	28.60000*	9.11621	.026	2.4575	54.7425
		American orthodontic	59.65000*	8.10662	.000	36.1610	83.1390
	RMO	3M	-49.80000*	4.34293	.000	-62.2343	-37.3657
		Morelli	-66.20000*	7.66262	.000	-88.6302	-43.7698
		Dentsply	-37.60000*	6.60191	.000	-56.7932	-18.4068
		American orthodontic	-6.55000	5.11832	.705	-21.2552	8.1552
	Dentsplay	3M	-12.20000	6.57651	.363	-31.3321	6.9321
		Morelli	-28.60000*	9.11621	.026	-54.7425	-2.4575
		RMO	37.60000*	6.60191	.000	18.4068	56.7932
		American orthodontic	31.05000*	7.11243	.001	10.5689	51.5311
	American orthodontic	3M	-43.25000*	5.08552	.000	-57.8674	-28.6326
		Morelli	-59.65000*	8.10662	.000	-83.1390	-36.1610
		RMO	6.55000	5.11832	.705	-8.1552	21.2552
		Dentsply	-31.05000*	7.11243	.001	-51.5311	-10.5689

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

**Gráfica 11.**



En la gráfica 11, se observa que no hay diferencias significativas entre la marca Dentsply y 3M, puesto que intervalo incluye al cero, igual ocurre con la marca Morelli y 3M y las marcas RMO y American orthodontic.

### Comparaciones por pares Games-Howell

Agrupar información usando el método de Games-Howell y un 95% de confianza:

Cadenas	N	Mean	Grouping
Morelli	20	304.40	A
3M	20	288.00	A B
Dentsply	20	275.80	B
American orthodontic	20	244.75	C
RMO	20	238.20	C

Los medios que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La prueba Fisher o DMS, muestra los grupos homogéneos a los que pertenecen las cadenas elastoméricas, después de los catorce días, sumergidas en saliva artificial y estirada en una base acrílica, se observó que la

marca Morelli y 3M, están en el grupo A, con la mayor fuerza registrada a los catorce días; sin embargo, Morelli es superior ya que 3M, también pertenece al grupo B, junto con Dentsply y en el grupo C, se ubican las marcas American Orthodontic y RMO que son las que registraron la menor fuerza a las catorce días.

#### **Hipótesis 4:**

Para determinar si existe diferencia entre las medias de la fuerza final resultante de las cadenas elastoméricas, al concluir el experimento a los 28 días contrataremos y se verificó la siguiente hipótesis de investigación:

Ho: La media de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de veintiocho días sumergidas en saliva artificial son iguales.

H1: Al menos una de las medias de la fuerza de las marcas comerciales 3M, Morelli, American Orthodontic, Denstply y RMO en el intervalo de veintiocho días sumergidas en saliva artificial es diferente.

**Tabla 17. Pruebas de normalidad para la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas a los 28 días**

Cadenas		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Días	3M	.220	20	.200*	.902	20	.244
	Morelli	.126	20	.200*	.942	20	.262
	RMO	.111	20	.200*	.980	20	.929
	Dentsply	.080	20	.200*	.976	20	.873
	American orthodontic	.093	20	.200*	.969	20	.741

a. Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Se puede observar que los cinco contrastes resultaron no significativos, por lo cual, se puede asumir la normalidad en la distribución de la pérdida de fuerza promedio de las cadenas elastoméricas obtenida a los veintiocho días en la población de la que provienen los individuos de la muestra.

A continuación, se comprobó el supuesto de homocedasticidad:

**Tabla 18. Prueba de homocedasticidad de varianzas para la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas a los 28 días**

28 días			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
.045	4	95	.996

La tabla que contiene el estadístico de Levene, permite contrastar la hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales. Si el nivel crítico (sig.) es menor o igual que 0.05, se debe rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas. Si es mayor, se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas.

Luego de verificar la normalidad e igualdad de varianzas, se puede utilizar el estadístico F, del Anova de un factor.

La tabla 18 del ANOVA, ofrece el estadístico F, con su nivel de significación. Si el nivel de significación (sig.) intraclase es menor o igual que 0.05, se rechaza la hipótesis de igualdad de medias, si es mayor – si acepta la igualdad de medias, es decir, no van a existir diferencias significativas entre los grupos.



**Tabla 19. ANOVA de un factor para la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas a los 28 días**

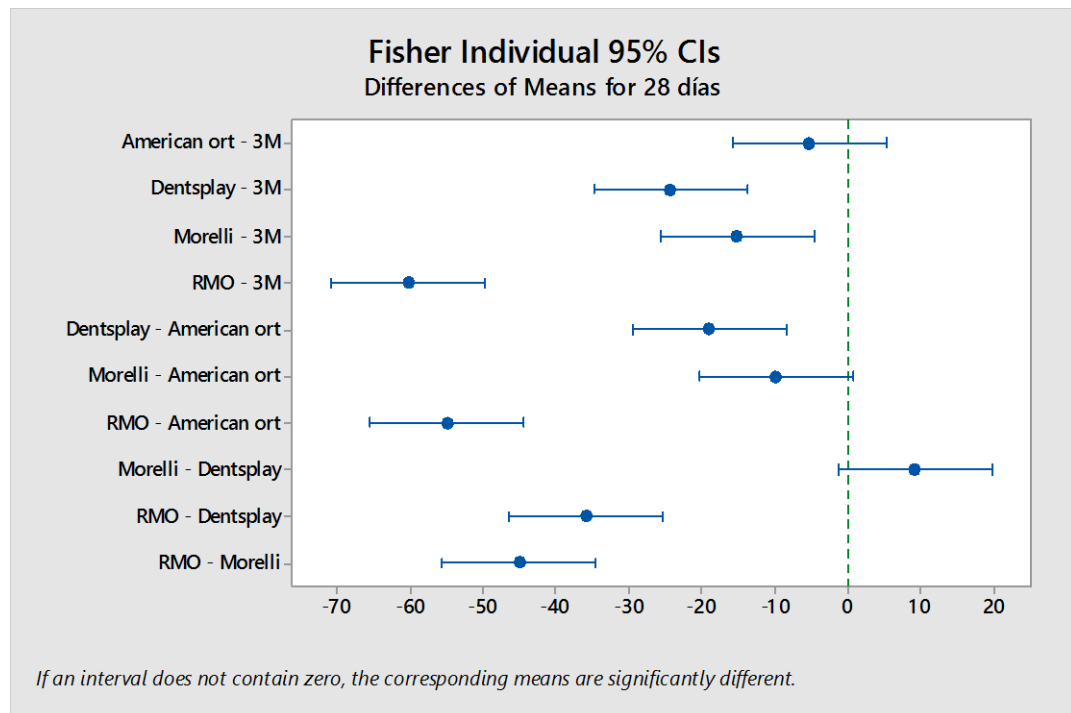
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	45536.760	4	11384.190	40.458	.000
Intra-grupos	26731.350	95	281.383		
Total	72268.110	99			

Puesto que, p-valor es menor de 0.05, se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Por lo tanto, al menos una de las medias de la fuerza de las cadenas elastoméricas, al final, el experimento a los 28 días es diferente.

Para determinar qué medias de las cadenas elastoméricas tienen una menor pérdida de fuerza, es decir, tiene el mayor promedio de fuerza final se realizaron las comparaciones múltiples. (Ver Tabla 20 y Gráfica 12).

La media de la fuerza a los 28 días de la marca 3M es superior a la marca RMO, Morelli y Dentsply; no se observaron diferencias significativas entre la marca 3M y la marca American Orthodontic. Mientras que la fuerza de la marca RMO a los 28 días fue significativamente inferior al resto de las marcas.

**Gráfica 12**



### Comparación por pares Fisher

Agrupación de información mediante el método Fisher LSD y 95% de confianza:

Cadenas	N	Mean	Grouping
3M	20	245.70	A
American orthodontic	20	240.40	A B
Morelli	20	230.50	B C
Dentsply	20	221.35	C
RMO	20	185.40	D

Los pares que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Se observa que las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. La prueba DMS o de Fisher, establece los siguientes grupos homogéneos o con medias similares en la fuerza a los veinte y ocho días: 3M y American Orthodontic; sin embargo, American Orthodontic no es significativamente diferente a Morelli que se encuentran en el grupo B; Morelli por otra parte, no es significativamente diferente a Dentsply por eso, también, se ubica en el grupo C y RMO en el grupo D, el cual tiene la menor fuerza registrada a los veintiocho días.

**Tabla 20. Comparaciones múltiples de las medias de la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas a los 28 días.**

(I) Cadenas	(J) Cadenas	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
3M	Morelli	15.20000*	5.30455	.005	4.6691	25.7309
	RMO	60.30000*	5.30455	.000	49.7691	70.8309
	Dentsply	24.35000*	5.30455	.000	13.8191	34.8809
	American orthodontic	5.30000	5.30455	.320	-5.2309	15.8309
Morelli	3M	-15.20000*	5.30455	.005	-25.7309	-4.6691
	RMO	45.10000*	5.30455	.000	34.5691	55.6309
	Dentsply	9.15000	5.30455	.088	-1.3809	19.6809
	American orthodontic	-9.90000	5.30455	.065	-20.4309	.6309
RMO	3M	-60.30000*	5.30455	.000	-70.8309	-49.7691
	Morelli	-45.10000*	5.30455	.000	-55.6309	-34.5691
	Dentsply	-35.95000*	5.30455	.000	-46.4809	-25.4191
	American orthodontic	-55.00000*	5.30455	.000	-65.5309	-44.4691
Dentsplay	3M	-24.35000*	5.30455	.000	-34.8809	-13.8191
	Morelli	-9.15000	5.30455	.088	-19.6809	1.3809
	RMO	35.95000*	5.30455	.000	25.4191	46.4809
	American orthodontic	-19.05000*	5.30455	.001	-29.5809	-8.5191
American orthodontic	3M	-5.30000	5.30455	.320	-15.8309	5.2309
	Morelli	9.90000	5.30455	.065	-.6309	20.4309
	RMO	55.00000*	5.30455	.000	44.4691	65.5309
	Dentsply	19.05000*	5.30455	.001	8.5191	29.5809

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

#### 4.3. RESULTADOS

Luego de culminar esta investigación, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Con respecto a la fuerza inicial registrada por las marcas seleccionadas para nuestro estudio: 3M, Morelli, RMO, Dentsply y American Orthodontic, se pudo comparar las medias de las mismas, a través de la prueba de Games-Howell. Luego del respectivo análisis anova de un factor y esta prueba mostró cadenas elastoméricas con fuerza inicial homogéneas, encontrándose cuatro grupos homogéneos, en el primer grupo con la mayor fuerza registrada (506.60 gramos) se encuentra la marca American Orthodontic y esta es la marca con la mayor fuerza inicial de todas las comparadas. En el segundo grupo, se encuentra la Marca Morelli (468 gramos) y Dentsply (465.3 gramos) que son marcas con fuerza inicial similares, sin embargo, inferiores a American Orthodontic. El tercer grupo está conformado por la marca 3M que registró una fuerza inicial de 428.75 gramos y en el último grupo se encuentra la marca RMO con 342.20 gramos que registró la menor fuerza inicial.
2. Al comparar las medias de la fuerza de las cadenas elastoméricas a los siete días, a través de la prueba de Fisher, se obtuvieron los siguientes grupos homogéneos: el primer grupo, está conformado por la marca que registra la mayor fuerza a los siete días, en nuestro caso, la marca Dentsply que registró una media de la fuerza de 375.75 gramos, el segundo grupo,

está conformado por la marca American Orthodontic que registró una fuerza promedio de 351.40 gramos; el tercer grupo, está conformado por la marca Morelli (333.70 gramos) y 3M (324.40 gramos) y el cuarto grupo, está conformado nuevamente por la marca 3M y RMO (314.4 gramos). Cabe destacar que 3M se ubica en este grupo, puesto que su media de la fuerza a los siete días no fue significativamente superior a RMO.

3. Las comparaciones de la media de la fuerza registrada por las cadenas elastoméricas a los catorce días, a través de la prueba de Games-Howell, nos revelaron los grupos homogéneos, en donde el primer grupo registró la mayor fuerza a los catorce días y por tanto fue superior al resto. Esta prueba de Games-Howell nos arrojó los siguientes grupos homogéneos: La marca Morelli (304.40 gramos) y 3M (288.00 gramos) se ubican en el primer grupo con la mayor fuerza registrada a los catorce días, el segundo grupo, está conformado también por la marca 3M y Dentsply (275.80 gramos), aparece en el segundo grupo la marca 3M, porque no se probó estadísticamente superior a la Marca Dentsply. Sin embargo, no se corroboró estadísticamente que hubiera una diferencia significativa entre la marca Morelli y 3M. El tercer grupo, fue conformado por la marca American Orthodontic (244.75 gramos) y RMO (238.20 gramos).
4. La comparación de las medias de la fuerza de las cadenas elastoméricas a los veinte y ocho días fue contrastadas a través de la prueba de Fisher, mediante este test se conformaron cuatro grupos homogéneos con respecto

a su fuerza, encontrándose que el primer grupo el cual registra la mayor fuerza final está conformado por la marca 3M (245.70 gramos) y American Orthodontic (240.40 gramos); el segundo grupo, está conformado por la marca American Orthodontic y Morelli (230.50 gramos), se ubica American Orthodontic, en el segundo grupo también puesto que no se pudo probar estadísticamente que fuera superior la media de su fuerza superior a la marca Morelli; el tercer grupo, está conformado por la marca Morelli y Dentsply (231.35 gramos) y en el cuarto grupo, el que registra la menor fuerza final y estadísticamente inferior al resto se encontró la marca RMO con 185.40 gramos.

5. Con relación a la fuerza inicial y final registrada se observó que la marca 3M registró una fuerza inicial de 428.75 gramos y una fuerza final de 245.70 gramos; la marca American orthodontic, registró una fuerza inicial y final de 506.60 y 240.40 gramos respectivamente; la marca Morelli, registró una fuerza inicial de 468 gramos y una final de 230.50 gramos, la marca Dentsply su fuerza inicial fue de 465.3 gramos y una final de 221.35 gramos; y la marca RMO con una fuerza inicial de 342.20 gramos y una fuerza final de 185.4 gramos.
6. Con respecto a la pérdida de fuerza y la fuerza final se observó que la marca 3M perdió un 42.69% de su fuerza inicial y su fuerza final fue de 245.70 gramos; la marca American Orthodontic perdió el 52.55% de su fuerza inicial, pero su fuerza final fue de 240.40 gramos, mientras que la

marca Morelli, perdió el 50.75% de su fuerza inicial; la marca Dentsply, perdió el 52.43% de su fuerza inicial, mientras que la marca RMO, perdió el 45.85% de su fuerza inicial.

7. El porcentaje de pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas por intervalo, según la fuerza inicial, nos arroja lo siguiente: se observa que en el intervalo de 0 a 7 días es el que registró la mayor pérdida de fuerza en las marcas con un 30.64%, la Marca American Orthodontic, la marca 3M con el 24.34%, Morelli con el 28.70%, Dentsplay con el 19.68%, mientras que la marca RMO con el 8.12%. En el intervalo de 7 a 14 días, se observó que una pérdida de fuerza del 21.05% en la marca American Orthodontic y Dentsplay respectivamente, la marca RMO registró una pérdida de fuerza en este intervalo de 22.7%, 3M de un 8.49% y Morelli de un 6.26%. En intervalo de 14 a 28 días se observó una pérdida de fuerza de la marca Morelli de un 15.79%, RMO de un 15.43%, Dentsply de un 11.70%, 3M de un 9.87% y American Orthodontic de un 0.86%.



**CAPITULO V:**  
**DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. DISCUSIÓN

La mayoría de elastómeros tiene un componente plastificante que tiene como desventaja que al encontrarse en un medio acuoso lo puede llegar a perder, y aumentar su rigidez. Estos puntos descritos por Herrera et al en el 2006 fueron lo básicamente los resultados encontrados durante la investigación in vitro realizada.

Existen otros factores que afectan esta y otras propiedades de los elastómeros de los estudios de Young & Sandrik , 1949 y de Chimenti , 2005 como lo son las enzimas salivales afectan las cadenas y las degradan, Las bacterias y especialmente los hongos los atacan, la exposición al Ozono y luz solar rompe los enlaces dobles insaturados en las moléculas y reduce la flexibilidad y resistencia a la tracción, forma de almacenamiento explosión a cambios de temperatura por mencionar algunos; en este estudio, las cadenas elastoméricas estuvieron expuestas a un medio de saliva artificial esperando una absorción mayor de humedad, produciendo destrucción molecular y deformación permanente del material.

Para este estudio se utilizó saliva artificial y no saliva natural, ya que la composición de la saliva natural varía dentro de la boca de cada individuo de acuerdo a diferentes situaciones y hora del día. Por tal motivo, no existe una composición de saliva artificial aceptada universalmente como es descrito por Ferriter en 1990, ya que al variar la composición física y química de la saliva natural constantemente, es difícil poder emularla.

Se considera una limitante del estudio, el hecho de no poder realizar dichas pruebas a todas las cadenas de las diferentes marcas comerciales con el fin de dilucidar del total que existen en el mercado panameño cuál es la más adecuada para obtener resultados óptimos en el tratamiento de Ortodoncia.

Con respecto a los valores de la fuerza inicial registrada, según las marcas seleccionadas para nuestro estudio se obtuvo en orden decreciente de la siguiente manera: American Orthodontic, Morelli, Dentsply, 3M y por último, RMO. Mientras que los valores de fuerza en el último periodo de tiempo fue el siguiente: 3M, American Orthodontic, Morelli, Dentsply y por último, RMO.

La media de la fuerza a los 28 días, la marca 3M es superior a la marca RMO, Morelli y Dentsply; no se observaron diferencias significativas entre la marca 3M y la marca American Orthodontic. Mientras que la fuerza de RMO a los 28 días fue significativamente inferior al resto de las marcas comparando el resultado obtenido para la marca 3M, con el estudio realizado por López da Silva et al en 2009, en el cual analizaron cuatro marcas comerciales en intervalos de 30 min, 7, 14 y 21 días, encontraron los siguientes resultados: 3M, obtuvo una mayor reducción en la fuerza a los 21 días de la prueba con un 47%, Ormco con 33%, Morelli con 31 % y TP con 223%.

En la grafica 5 la cual nos presenta el porcentaje de pérdida de fuerza, según los intervalos de días, las marcas comerciales 3M y Morelli presentan valores de pérdida de fuerza prácticamente constantes entre la Fuerza inicial y

los siete primeros días y una fuerza prácticamente constante entre siete y catorce días, lo que indica que estos materiales aportan valores de fuerza regulares entre las diferentes muestras. Recordemos que los principios biológicos del movimiento ortodóntico descritos por Proffit (2008) mencionan que las fuerzas requeridas para producir movimientos dentales deben ser ligeras y continuas para no causar daños en los tejidos periodontales.

Se puede observar en la gráfica 6 el registro de la media de la fuerza inicial y final de cada una de las marcas comerciales estudiadas y de igual forma el porcentaje de fuerza que perdió cada una al finalizar el estudio registrando el menor porcentaje de pérdida de fuerza, la marca 3M con 42.69%, continua la marca RMO con 42.82%, le sigue Morelli con 50.75%, en cuarto lugar la marca Densply con 52.43 y por último con mayor porcentaje en pérdida de fuerza la marca American Orthodontic con 52.55%, es importante resaltar que la marca American Ortodontic, registró el porcentaje más elevado de pérdida de fuerza (52.55%) como resultado de su elevado registro de fuerza inicial (506.6g), pero en términos de fuerza final, el resultado es comparable con la marca 3M (245.7g) y para American Orthodontic (240.4g). Este tipo de comportamiento, que a medida que la fuerza inicial sea mayor va a permitir que en la última etapa del experimento, las fuerzas de las cadenas elastoméricas sean homogéneas.

## **5.2. CONCLUSIONES**

Del presente estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial, se desprenden las siguientes, conclusiones:

Se calculó la magnitud inicial en gramos generada por las cadenas elastoméricas cerradas de las distintas marcas comerciales, siendo la media de mayor magnitud de 506.6 gr para American Orthodontic y la media menor magnitud de 301.0 gr. para RMO.

Se establecen los valores de la degradación de fuerza de las cadenas elastoméricas en el intervalo de 7 días, encontrando que Dentsply registró una media de mayor valor con 373.47 gr y la media de menor valor RMO con 314.87 gr.

La medición de la degradación en la fuerza de las cadenas elastoméricas en el intervalo de 14 días, dio como resultado la marca Morelli con la media de mayor valor con 304.4 gr. y la media de menor valor RMO con 270.0 gr.

Fueron presentados los valores de la degradación de fuerza de las cadenas elastoméricas en el intervalo de 28 días, determinándose que la marca 3M, registró la media de mayor valor con 245.7 gr. y la media de menor valor RMO con 185.4 gr.

Se compara, los niveles de degradación de fuerza de las cadenas elastoméricas sumergidas en saliva artificial, observándose que en el periodo de 7 días la marca American Orthodontic, perdió el mayor porcentaje de fuerza con respecto a la inicial con un 30.64% mientras la marca que perdió un porcentaje menor fue la RMO con un 8.12%.

Fueron verificados los niveles de degradación de fuerza en las cadenas elastoméricas sumergidas en saliva artificial, observándose que en el periodo de 14 días la marca RMO, perdió el mayor porcentaje de fuerza con un 22.27% mientras la marca que perdió un porcentaje menor fue la Morelli con un 6.26%.

Se confrontan los niveles de degradación de fuerza de las cadenas elastoméricas sumergidas en saliva artificial, en la etapa final el periodo de 28 días la marca Morelli perdió el mayor porcentaje con un 15.79%, mientras la marca que perdió un porcentaje menor fue American Orthodontic con 0.86%.

Se demostró que existe una pérdida de fuerza en las cadenas elásticas de las distintas marcas comerciales estudiadas al estar sometidos a una fuerza de tracción en un medio salival artificial en función directa del tiempo de inmersión siendo esta entre el 42% y el 52%.

Se determinó que la mayor pérdida de fuerza de las cadenas elásticas cerradas de las cinco marcas comerciales estudiadas fue durante el primer periodo de tiempo de 7 días, con excepción de una sola marca comercial RMO, la cual obtuvo su mayor pérdida de fuerza en el segundo periodo.

Se rechaza la hipótesis de igualdad de medias y concluir que la fuerza inicial promedio de las poblaciones comparadas no son iguales. Por lo tanto, las fuerzas iniciales difieren, según la marca de las cadenas elastoméricas.

Se rechaza la hipótesis de igualdad de medias de la fuerza y concluir que la pérdida de fuerza promedio de las poblaciones comparadas al menos una es diferente para el periodo de siete días

Se rechaza la hipótesis de igualdad de medias de la fuerza y concluir que la pérdida de fuerza promedio de las poblaciones comparadas al menos una es diferente para el periodo de catorce días.

Se rechaza la hipótesis de igualdad de medias de la fuerza y concluir que la pérdida de fuerza promedio de las poblaciones comparadas al menos una es diferente para el periodo de veintiocho días.

Con estos resultados, se puede concluir que este estudio in vitro de la fuerza de las cadenas elastoméricas de cinco marcas comerciales sumergidas en saliva artificial en periodos de siete, catorce y veintiocho días, la fuerza de las cadenas elastoméricas se ve afectada por la exposición al medio de saliva artificial.

### 5.3. RECOMENDACIONES

El presente estudio, ayuda a proporcionar conocimientos en el campo de la especialidad de Ortodoncia que permiten al profesional tomar decisiones apropiadas en la selección de cadenas elastoméricas, tener en cuenta las virtudes de los materiales elegidos en función de brindar un adecuado tratamiento; por lo que se recomienda a los ortodoncistas, la elección de materiales elásticos en pro de sus propiedades mecánicas, para que obtenga así, mejores resultados, al proporcionar una fuerza óptima y útil por determinados periodos de tiempo.

Es de especial interés realizar futuras investigaciones en las que se compruebe y corrobore la información vertida en este estudio, acerca de la pérdida de fuerza de las distintas marcas comerciales que aquí fueron analizadas.

Se recomienda realizar estudios posteriores que evalúen el comportamiento de cadenas sintéticas y sus propiedades, así como su comportamiento frente a cadenas elastoméricas.

Se recomienda realizar estudios posteriores que evalúen la pérdida de fuerza de las cadenas elastoméricas de más marcas comerciales no incluidas en este estudio y que se encuentren disponibles en el mercado odontológico. También, se puede tener en cuenta para próximos análisis si existe una diferencia estadística significativa entre la variación de la pérdida de fuerza y



cadenas elastoméricas de diversos colores, para verificar si el color puede o no modificar los resultados. A la vez se sugieren estudios concernientes a otro tipo de presentaciones de elastómeros como módulos, elásticos intermaxilares, extrabucles, entre otros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alger, D.W.: Appointment frequency versus treatment time, *Am. J. Orthod.* 94:436-439, 1988.
- Al-Kassar, S. S. (2011). The Force Degradation Of Elastic Chain In Different Environments And For Different Intervals (An In Vitro Study). *Al-Rafidain Dent J*, 11(2): 231-237.
- Andrade, M. D., Cedillo, F. P., & Bravo , M. E. (2014). Estudio in vitro de la durabilidad, deformación elástica y plástica de tres tipos de Módulos Elastoméricos. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopedia*. Obtenido de <http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2014/art5.asp>
- Baker, C. (1997). *Materials World*.
- Baty, D. L., Storie, D. J., & Von Fraunhofer, J. A. (1994). Synthetic elastomeric chains: A literature review. *American Journal Orthod Dentofacial Orthop*, 105(6): 536-542.
- Billmeyer, F. W. (1971). *Textbook of polymer science*. 3st. ed. Wiley-Interscience Publication, United States., 596 págs.
- Buchmann, N., Senn, C., Ball, J., & Brauchli, L. (2011). Influence of initial strain on the force decay of currently available elastic chains over time. *The Angle Orthodontist*, 82(3): 529-535.
- Canut, B. A. (1982). *Ortodoncia Clínica*. 1st. ed. Salvat. España. 509 págs.
- Cardenas, J. (2017). *Networkianos.Blog Sociología*. Obtenido de <http://networkianos.com/anova-de-un-factor-que-es-como-analizar/>
- Cardoso, A., Aparecida, N., & Rielson, J. (2002). *Actualización en ortodoncia y ortopedia funcional de los maxilares*. Artes Medicas latinoamericana. 320 págs.
- Castro , G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria del neumático*. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.

- Chimenti, C. (2005). Friction of Orthodontic Elastomeric ligatures with different Dimensions||. *Angle Orthod.* 75(3): 421–425.
- Doliwa, P. (2008). Látex, historia, proceso de elaboración de la leche del árbol llorón. *Matrona Prof.* 9(1): 30-32.
- Eliades, T., Eliades, G., & Watts, D. C. (1999). Structural conformation of in vitro and in vivo aged orthodontic elastomeric modules. *The European Journal of Orthodontics.* 21(6): 649-658.
- Eliades, T., Eliades, G., Silikas, N., & Watts, D. C. (2004). Tensile properties of orthodontic elastomeric chains. *The European Journal of Orthodontics.* 26(2): 157-162.
- Ferriter, J. M. (1990). The effect of hydrogen ion concentration on the forcedegradation. *Am J Orthod Dentofacial*, 404-410
- García, O., & Méndez, M. J. (2002). Breve historia de la cirugía bucal y máxilofacial. *Humanidades Médicas*, 2(1): 0-0.
- Guzman, E. (2002). Historia de la odontología Primera parte. *Revista mexicana de Odontología clínica*, 1: 12-18.
- Herrera, M. L., Katagiri, M. K., & Gayosoll, C. Á. (2006). Estudio in-vitro del deterioro de las propiedades elásticas de las cadenas elastoméricas. *Revista odontológica mexicana*, 10(2): 79-82.
- Kusy, R., & Stevenson, J. S. (1994). Force application and decay characteristics of untreated and treated polyurethane elastomeric chains. *The Angle Orthodontist*, 64 (6): 455-466.
- Larrabee, T. M., Liu, S. S., Torres, A., Soto, A., Eckert, G. J., & Stewart, K. T. (2012). The effects of varying alcohol concentrations commonly found in mouth rinses on the force decay of elastomeric chain. *The Angle orthodontist*, 82(5): 894-899.
- López, V., Kochenborger, C., & Marchioro, E. (2009). Force degradation in orthodontic elastic. *Odonto Ciência*, 24(3): 274-278.
- Loriato, L. B., & Machado, A. W. (2006). Considerações clínicas e biomecânicas de elásticos em Ortodontia. *Rev Clín Ortod Dental Press*, 5(1): 43-55.
- Loriato, L. B., Machado, A. W., & Pacheco, W. (2006). Considerações clínicas e biomecânicas de elásticos em Ortodontia. *Rev Clín Ortod Dental Press*, 5(1), 43-55. (s.f.).

- Martins, M., De Moraes, Á., De Oliveira, M. A., De Andrade, M. T., Ferreira, V., & De Sá, S. (2006). Estudio comparativo entre as diferentes cores de ligaduras elásticas. *Revista Dental Press Ortodon Ortop Facial*, 11(4): 81-90.
- Materiales y compuestos para la industria del neumático. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A. . (2008).
- Milton, A. B. (1990). A brief history of orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 98(3): 206-213.
- Núñez , J. (2013). Comparación del deterioro de la fuerza de activación de los elásticos maxilares de tres marcas comerciales distintas en un medio vivo, a lo largo de veinticuatro horas de uso, utilizando un dinamómetro digital. Tesis. Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, Panamá, Panamá. 96 págs.
- Oppenheim, A. (2007). Tissue changes, particularly in bone incident to tooth movement. *American Journal Orthod*, 3: 57-58.
- Ortega , S. A. (2015). Estudio in vitro comparativo de la pérdida de fuerza de cadenas elásticas cerradas de cinco marcas comerciales sometidas a fuerza de tracción que se encuentran inmersas en un medio salival artificial. Tesis. Universidad San Francisco. Quito, Ecuador. 106 págs.
- Pantoja, E., Almanza, V., & Ruiz, H. (2012). Determinación de la pérdida de fuerza y longitud de cadenas elastoméricas en cultivos bacterianos. *Revista latinoamericana de ortodoncia y Odontopediatría*. Obtenido de <http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2012/art16.asp>
- Proffit, W., Field, H., & Saber, D. (2008). *Ortodoncia Contemporánea*. 4ta.ed. Elsevier Mosby. 745 págs.
- Puy, C. L. (2006). La saliva en el mantenimiento de la salud oral y como ayuda. *Odontología Clínica*, 11(5):.
- Rock, W. P., Wilson, H. J., & Fisher, S. E. (1985). A laboratory investigation of orthodontic elastomeric chains. *British journal of orthodontics*. 12(4): 202-207.
- Rodríguez , E., & White , L. (2008). *Ortodoncia Contemporánea Diagnóstico y Tratamiento*. 2st. ed. Amolca.
- Rodriguez, F. (2014). Degradación de la fuerza de los elásticos intermaxilares de látex y no látex. Tesis. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 99 págs. Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3606>

- Sampieri, R, Fernández, C, Baptista, P(2010) Metodología de la investigación (5ta. ed.). D.F., México: McGraw Hill.
- Sheridan, J.J.: The Readers' Corner, J. Clin. Orthod. 39:535-537, 2005
- Singh, V. P. (2012). Elastics in orthodontics: a review health renaissance. 45-56.
- Vivanco, V., & Peñaherrera, V. (2015). Estudio in vitro de la pérdida de fuerza de módulos elastoméricos sumergidos de enjuagues bucales. Revista Odontología, 17(1): 89-92.
- Von Fraunhofer, J. A., Coffelt, M. T., & Orbell, G. M. (1992). the effects of artificial saliva and topical fluoride treatments on the degradation of the elastic properties of orthodontic chains. 62(4): 265-274.
- Walsh, L. J. (2008). Aspectos clínicos de biología salival para el Clínico. Revista de Mínima Intervención en odontología, 1(1): 5-24.
- Wong , A. (1976). Orthodontic elastic materials. Angle Orthod, 46 (2): 196- 205.
- Yáñez, E. R., Araujo, R. C., & Marcote, A. C. (2007). 1001 tips en Ortodoncia y sus secretos. 1st. ed. Amolca. Venezuela. 383 págs.
- Young , J., & Sandrik , J. L. (1949). The influence of preloading on stress relaxation of orthodontic elastic polymers. Angle Orthod. 1979: 49(2):104–108.